

医療機器を開発する人たち 第28回

患者の人生をも再建する、 世界最先端に位置する形成外科医 光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語



「最高峰・最先端・最上質の医療の提供者」と評される光嶋勲教授
撮影 根岸 聡一郎

「生きるリジェンドずっと見てきた彼の
I K I Z A M A ラストライブ」

光嶋勲・東京大学医学部・形成外科・美容外科教授の最終講義が終了した後、懇親会への案内状には、こんな文字が大きく記されていた。

最終講義の演題は「超微小外科 二五年間の軌跡と世界への発信」。

光嶋さんは顕微鏡下で直径〇・三ミリほどの血管や神経、リンパ管をつなぐ超微小手術を開発し、世界二〇か国以上で、講習会やライブ中継を行ってきた。これまでに五〇〇〇人以上の外科医が参加し、術式は世界に広まっている。

「マジック・サージャリー」（手品のような手術）で用いられるのは、日本伝統の匠の技を取り入れた器具類である。「生きる伝説」と化した医師の生きざまと超絶手技を支える器具の物語をお届けしよう。

日本から発信され、 世界標準となった 術式

「毎日悲しみの涙に暮れていた私に、嬉し涙を流す日が訪れようとは思いませんでした。先生に手術していただいたおかげで、私の人生は絶望から希望へと変わりました。形成再建外科手術とは、人生を再建する手術でもあるのですね」

こんな手紙が患者から寄せられる光嶋勲・東京大学医学部・形成外科・美容外科教授の最終講義が、二〇一七年三月一〇日、医学部教育研究棟鉄門記念講堂において行われた。

演題は「超微小外科・二五年間の軌

跡と世界への発信」。

超微小外科では、直径一ミリ以下の血管などを、顕微鏡をのぞきながらつなく技術が必要とされる。分離している血管や神経をつなぎ合わせることを吻合（ふんごう）というが、吻合する血管が細く小さいほど患者のからだの負担が少なく、患者の満足度をより高める再建手術が可能となる。

直径一ミリ以下の微小な血管を吻合するには、外科手術の数ある手技のなかでもきわめて難易度の高い技術を習得しなければならぬ。そうした形成再建外科のエキスパート医師群のなかであって、光嶋さんはマイクログ顕微鏡と〇・〇五ミリの専用針を用いて、

〇・三ミリの血管や神経を吻合する手技を駆使して新たな術式を生み出し、世界の先駆的ドクターたちの最先端に位置する。

最終講義では、最初に柔道着姿と袴に刀を差した姿の鳥取大学医学部時代の写真が映し出された。柔道では主将として地元警察の機動隊の主将と互角に戦える力を持ち、刀を鞘から抜いた瞬間に勝負が決まる居合道にも打ち込み有段者となっている。武道を好んだ青年医師は大学の講演で醜い傷痕がたちまち美しくなる手術法を目にして、形成外科医の道を進むことを決意する。それから二五年の間に、形成外科手術の手法は、微小外科（マイクログ・サージャリー）の時代を経て、超微小外科（スーパージョ・マイクログ・サージャリー）の時代を迎え、さらに今日ではそれを超える極超微小外科（ウルトラ・マイクログ・サージャリー）とも称される状況へと突入している。

東京大学病院の形成外科・美容外科のホームページには、第四代教授の光嶋さんの写真とともに「得意分野」と題してつぎのように紹介している。

——失われた身体の部分的復元手術、自分の組織を用いた再建医療を得意としております。癌切除後の頭頸部・上下顎・顔面・四肢・乳房などを美容と再建の手技を用いて再建、手の外科、下肢の外科、リンパ浮腫、顔面神経・

四肢などの神経麻痺の機能的再建術、頭蓋・顔面・手足の先天異常（口唇口蓋裂、小耳症、頭蓋顔面骨異常、顔面脂肪萎縮症、指欠損など）、血管腫（動静脈奇型）の治療・下腿骨髄炎・難治性潰瘍、美容手術術後合併症（乳房異物感染、神経麻痺など）、失われた爪の復元、リンパ浮腫、褥創・難治性潰瘍・骨髓炎・糖尿病性潰瘍、各種の腫瘍（耳下腺腫瘍、皮膚癌、軟部肉腫）も得意としております。

このなかで述べられている「失われた身体の部分的復元手術、自分の組織を用いた再建医療」として光嶋さんが開拓したのが、穿通枝皮弁を使った再建手法だ。この手法が一九八〇年代に日本から発信されたことによって、毎年開催される国際的な研究会での成功



居合道の有段者となり、柔道部主将として活躍する。© 光嶋勲



東京大学医学部・形成外科・美容外科教授に就任（2004年）。© 光嶋勲

例の報告や啓蒙活動を経て、今日では再建外科領域における第一選択の術式であるとともに標準化されるべき術式であると認識されている。

「あり得ない、 何かの トリックだ」

穿通枝皮弁を使った再建手法とは、どのようなものなのか。

「穿通枝」や「皮弁」は、一般には聞きなれない言葉だ。

「穿通枝」は、筋肉の中あるいはその下を通る太い血管から枝分かれして、脂肪層や皮膚に向かって走っている細い血管をいう。皮弁とは「血流のある皮膚」のことだ。

たとえ言葉の読みや意味がわからなくとも、穿通枝皮弁術が広く普及したのは、自分のからだのどこかを再建する必要に迫られた人たちから圧倒的な支持を受けたからに他ならない。

その代表例の一つが、乳がん治療のため乳房摘出を受けた後に、乳房再建

ヒューマンドキュメント

患者の人生をも再建する、 世界最先端に位置する形成外科医 光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語



顕微鏡を使って直径0.3ミリ程度の血管や神経、リンパ管をつなぐ。© 光嶋勲

を願う女性たちだ。

光嶋さんによって穿通枝皮弁術が開発されるまでは、失われた組織の再建には、筋皮弁術キンヒベンジュツが用いられてきた。これは下腹部の腹直筋や背中から腰に近い部分に広がっている広背筋などの皮膚に脂肪と筋肉をつけて採取し、移植する方法だ。乳房の再建には比較的大きな、柔らかな組織が必要となる。腹部から採取する場合が多いが、筋肉も一緒に採取され筋肉が損傷されるために腹筋が弱くなり、術後に腰痛や脱腸に悩まされることも少なくなかった。広背筋皮弁を胸に移植した例では、肩

甲骨を動かすと一緒に移植した背筋が動くというようなことも生じている。

ところが、光嶋さんは、脂肪組織に酸素や栄養分を送っている、わずか直径〇・五ミリほどの細い血管である穿通枝を移植先の血管とつなげることによって、腹筋を損傷することなく脂肪組織がきちんと生着することを、数々の穿通枝皮弁術によって証明してみせた。それは、筋肉を走る血管をつなげないと組織を生着させるのは難しいと考えられていた、当時の形成外科学の「常識」に反することであり、国内だけではなく、海外でもなかなか理解が得られなかった。

「穿通枝皮弁を開発したのが、一九八六年。腹筋を温存する乳房再建法を発表したのが、八九年。だれも信用しなかったですよ。八九年に論文をアメリカの最も権威ある形成外科領域の専門誌に送ったんですが、一年待たされたあげくに『ありえない。何かのトリックだ』とバカにされて却下されました。だけど、ある編集者が、もしかしたら本当かもしれない、と感じたのでしよう。イギリスのジャーナルに送って見たらどうか、といってくれたのです。イギリスに送ったところ、まとも一年待たされましたが、掲載してくれました」

九〇年、再び世界の形成外科医たちの注目を浴びる治療法が、光嶋さんに

よって行われる。リンパ管と静脈をつなぎ、リンパ液を還流させて浮腫を治す「リンパ管静脈吻合」である。

「全国のリンパ浮腫患者は、二〇〇九年現在で一〇万人とも一五万人ともいわれている。海外も含めると、膨大な患者が心理療法さえも受けられず苦悩している。

リンパ浮腫の治療は、圧迫療法を中心とした理学療法がおこなわれ、外科治療は否定され続けてきた。連日のスリーブ・ストッキングの着用は浮腫の憎悪予防には必須であるが、患者たちにとっては身体的にも精神的にも大きな負担である。このため患者は浮腫と同時に理学療法からの解放を外科療法に求め続けてきたが、外科医はその期待に一〇〇%応ずることはできなかった」

—— 編著を務めた『リンパ浮腫のすべての治療まで』（二〇一一年刊、永井書店）の序文に、光嶋さんはこう記している。

リンパ管肉腫の 三種類のがんが 消えた

リンパ浮腫は、からだにたまった老廃物を運搬するリンパ管がふさがり、皮膚や脂肪組織の間にリンパ液がたまった結果、腕や足にむくみ（浮腫）が生じる状態を指す。

そのなかで八割から九割を占めるのが、子宮がんや乳がんなどの手術の際に、がん細胞のフィルターの役目を担うリンパ節を切除したり、放射線を照射したりしたことでのリンパ管が機能低下を起こして発症するケースだ。手術後すぐに生じる場合もあれば、五年、一〇年経過して発症する場合もある。

腕に発症して症状が進むと、物を持つことや握ることが困難になる。文字を書いたり包丁を使ったり、箸を持つことさえできなくなる。足の場合は、歩行が困難となり、外出はもちろん室内での移動も容易ではなく、活動範囲や行動範囲が制限される。外見上の変化から、精神的苦痛を感じることも多い。外出することや人に会うことが嫌になり、気力が減退し、うつ状態を招く。

序文中の「患者は浮腫と同時に理学療法からの解放を外科療法に求め続けてきたが、外科医はその期待に一〇〇%応ずることはできなかった」という記述には、形成外科医としての無念の思いも伝わってくるが、その思いが「リンパ管静脈吻合」という治療法の開拓へとつながる熱情の源泉ともいえる。

「自分が治らないといってしまったら、患者さんの希望も消えてしまう。なんとかして患者さんを助けたい。それが新たな工夫を凝らす技術向上の原動力ともなる」

リンパ管静脈吻合は、直径〇・三ミリほどのリンパ管を〇・六ミリぐらいの細い静脈につないで、溜まったリンパ液を静脈に流して浮腫を軽減させるというものだ。

光嶋さんは腕に発症したリンパ浮腫にリンパ管静脈吻合をほどこすと、大きく改善した。ところが、足の浮腫には期待した効果が得られない。そこでその原因を究明するために、リンパ管の組織を採取し電子顕微鏡でリンパ管の仕組みを細かく観察したところ、主要リンパ管やリンパ節の中膜にある平滑筋細胞が強力に収縮して一分間に二〜四回の緩慢な圧変化によりリンパ液を還流させているということが明らかになった。

以前は、リンパ液は筋肉・呼吸運動や動脈の拍動といった他動的要因によりリンパ液輸送がなされていると考えられていた。それが弾性着衣とマッサージなどの理学療法が推奨されるゆえんともなっていた。

四肢のリンパ管が切除されると、短期間のうちに末梢リンパ管の拡張、平滑筋細胞の変性消失が起る。せっかくリンパ管を静脈につないでも、平滑筋細胞が変性してしまつて収縮する働きをしなくなったのでは、リンパ液は流れない。そこで、手術でリンパ液が流れるバイパスをつくり、平滑筋を代わりに弾性ストッキングで圧迫する方

法を、光嶋さんは生み出す。これによって、治癒率は劇的に向上した。

さらに術式を改良して、リンパ浮腫で足がむくむ前にリンパ液の貯留を発見する方法を発見し、平滑筋細胞が変性してリンパ管の機能障害を引き起こす前に、吻合術で浮腫を防ぐ方法を開発する。これだと、生涯、リンパ浮腫に悩まされずに過ごすことができる。

今日ではリンパ浮腫の治療には、形成外科領域の関与が欠かせないものになっている。その点では、「浮腫と同時に理学療法からの解放を外科療法に求め続けてきた」患者の期待に応えたといえるだろう。

さらに衝撃的な成果が、リンパ管静脈吻合から生まれている。浮腫の患者の〇・四%に発生するリンパ管や血管の「肉腫」が、リンパ管静脈吻合で治療できる可能性がわかったのだ。リンパ管肉腫は悪性腫瘍であり、五年生存率も高くない。

リンパ管肉腫と形成外科で診断されると、皮膚科に回されて、抗がん剤による治療を受ける。そうした患者のなかの一人から「がんが消えた」という報告を受ける。「皮膚科で投与された抗がん剤が効いたのかな」と思っていると、もう一人、「三か月でがんが消えた」という人が現れる。

二人の共通点はなにかと調べてみると、どちらも以前にリンパ管のバイパ

光嶋教授提供の写真・イラスト・解説による微小外科（スーパー・マイクロ・サージャリー）のご紹介①

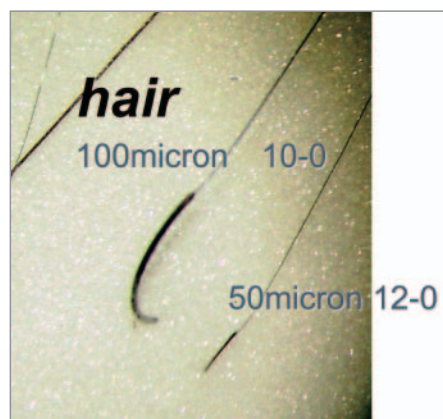
写真・イラストの説明は、光嶋教授から送られた音声データの解説を文字化したものです。© 光嶋勲



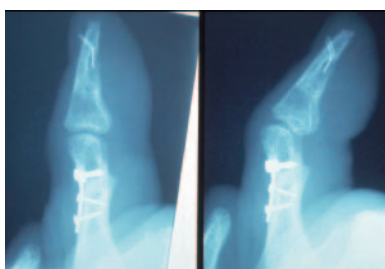
手の親指を失った若い男子の手術後です。足の親指の皮だけを取って、骨は……つまり関節に関しては、足の人差し指の関節を血管つきで取ってきて、間接つきの「動く親指」をつくるのに成功した例です。90年代のことで、これが世界初の成功例となりました。



これもやはり日本の EMI 社が開発したチタン製の、50 ミクロン、20 分の 1 ミリメートルの針をつかむ持針器です。手術をするうえで非常に重要な役割を担うものです。約 10 年前に開発されたものですが、いまアメリカの有名大学や癌センターなど世界中でどんどん使われていて、これを使った手術の成功が相次いでいます。



向かって左は人間の髪の毛の太さを示したものです。真ん中にあるのが通常使われる、顕微鏡を覗きながら血管をつなぐ 0.1 ミリの針糸、そして向かって右は超微小外科、スーパーマイクロ用の、0.05 ミリ、20 分の 1 ミリメートルの針とナイロンの糸です。これを使えば 0.3 ミリ前後の血管をつなぐことができます。この針糸は日本の河野製作所で開発されたもので、これによって新しいスーパーマイクロの手術が完成したわけです。



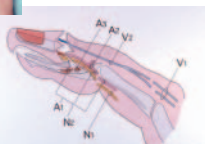
上の写真のレントゲンです。足の人差し指の関節が、生きたままではまり込んでいます。マイクロチタンプレートを使って固定していますが、非常によく動く親指ができました。



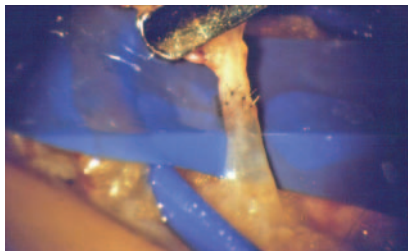
その手術前と手術後です。なくなっていた小指の先端に足の先端 5 ミリ分を移植し、神経血管をつなぐことによって、このようにまったく正常な小指の先端を再建できました。感覚もほぼ正常に戻っています。



実験中の試験管の爆発で指（の一部）を失った若い独身の女の子のケースです。足の人差し指の爪だけを、その下にちょっと骨をつけて、さらに神経血管もつけて持ってきて、その神経血管をつないでいます。この神経血管がだいたい 0.8 ミリくらいですから、超微小外科、スーパーマイクロの技術が必要になります。それによって足の爪が手の指に移って、まったく正常に生きていくわけです。



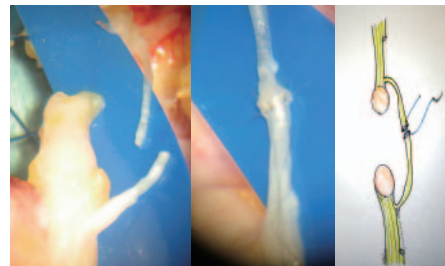
リンパ浮腫の手術前と手術後です。この人の場合、たった 2 本のリンパ管と静脈をつないただけでこのように……右の写真は手術後 8 年目ですが、圧迫もなにもなくても浮腫が治ってしまうという結果を得られました。後でリンパ管と静脈を吻合した写真が出てきます。



これがリンパ浮腫の手術でリンパ管と静脈を吻合した写真です。いずれも 0.3 ミリのリンパ管と静脈をつないだ顕微鏡下の画像です。20 分の 1 ミリの針を使って縫っています。透明なのがリンパ管で、白いのが「細い静脈」と書く細静脈です。このテクニックの完成によって、それまでは治せなかった乳癌切除後の腕のリンパ浮腫や、子宮癌切除後の脚のリンパ浮腫を治せるようになりました。したがって、いまやこのテクニックが世界中で広まりつつあります。



人差し指の先端を失った若い女の子のケースです。ほんの 5 ミリ失っただけなのですが、彼女は非常に辛い思いをされていました。そこで足の人差し指の先端を、必要最小限の 5 ミリ分だけ神経血管つきで切断しました。この細い神経血管をはがすのに、超微小外科の技術が必要となるわけです。



手の親指の神経が切断されて、感覚がなくなって何年も経ったという若い女の子のケースです。その神経のギャップが 2、3 センチ分あったので、両方の神経から、神経の線維をターンしてつないでいます。これもまったく新しい超微小外科の技術の開発によって完成した「神経のギャップをつなぐ」という方法で、従来の神経移植に比べてはるかに良好な結果が得られました。別の場所の神経を犠牲にする必要がない、という大きな利点があります。それと、もう一つ。この神経は生きています。血液が入ってくるために、逆行して細胞が 100 パーセント生きるんですね。従来の神経移植では、90 パーセントもの細胞が死んでいました。革命的な手術、神経の再建術が開発されたわけです。

ス手術を受けていたことが判明する。「もしかしたら、リンパ管の吻合をすることによって、がん自体は抑えられないものの、がんが出た後に抗がん免疫が高まってがん細胞を殺せたのではないか」と推論していたところ、肉腫を発症してなんの治療も受けていないという人が、圧迫治療の医師の紹介状を持って光嶋さんの元を訪れる。

早速、生体検査で血管肉腫がどうかを調べるとともに、足の甲で一本だけバイパス手術をやってみると――。

「三種類あったがんが見事に消えました。がんが崩れ、つぶれていったんです。いよいよ『これは間違いない』と確信できました。いままでにもそういう症例があったのならもう発表済みだろうと調べてみたら、同じようにがんが消えたという方が二人いらしたんです。

じつは、それは多くの前任地の岡山大学で、ぼくがいたころの知り合いの皮膚科が出した症例でした。さらに詳しく調べたところ、二人のうちの一人の、リンパのバイパス手術をしたのはぼくだった。もう一人は、ぼくが東大に来たあとに多くの教え子が担当して、やはりがんは消えていました。

したがって、いままでに公表された症例は、三例ということになります。ぼくが関わった肉腫の一・二例のうち、最初にお話しした二人のケースも含め

て五例、患者さんが生きています。生存率が五パーセントから八パーセントくらいのはずの肉腫で、この結果です。もう八年ばかり経った患者さんもおられるけど、いまも生き続けていらっしやる。論文にこそなっていないませんが、『どうもほんとうに証明されたといつてよさそうだ』という認識が世界的にも広がってきました」

開発動機は「無医村をなくしたい」

最終講義では花束贈呈のあと他の診療科の教授から光嶋さんについてのコメントが述べられた。光嶋さんの術式を目の当たりに教授が「あつけにとられた」と表現をしたのが印象的であった。

光嶋さんは第一回目の穿通枝皮弁手術の講習会を一九九七年にベルギーのゲント大学で約二〇〇名を集めて開催して以降、新しい術式を広めるために二十か国以上で海外ライブ手術を行ってきた。これまで五〇〇〇人以上の外科医が参加し、術式は世界に広まっている。

○三ミリの血管を剥離して○八ミリの静脈に六針で縫い付ける光嶋さんの手技に、欧米の医師たちは感嘆の声を上げる。彼らは「手品のような手術」という意味を込めて「マジック・サー

ジャリー」と評する。マジックのように見える手技は、人の何倍も繰り返し習練して身に着けたものだ。

形成外科に入局後、技術習得を目指して、仕事が終わると深夜まで手術用顕微鏡をのぞいてネズミの血管縫合に没頭した。ネズミの血管は細くて弱い。手先が少しでも狂うと、糸がからまり、血管が詰まる。

取りつかれたように顕微鏡で微小血管を観察しつなぐ日々のなかで、神経といえども毛細血管のネットワークがあって、どんな小さな神経でも栄養血管網を持っていることを知る。それをつないであげれば、手術直後から栄養血管が入って、移植した神経細胞が生きる。そう考えて、微小血管をつなぐ技術をマスターして、生きた血管をつなぐ神経移植という考え方を打ち出す。

「医者になってすぐの二〇代ころです。もう四〇年も前か。いまでもそれが多くの専門です。当時は反対意見が多くて……エクスペリメンタル・サージェリー（実験的手術）などと批判する声もありましたが、神経移植をやって栄養血管をつなぐだけです。指先を失った女の子の手術で、足の指を切って手の指につなげました。それが九〇年くらいのことです。微小血管をつなげると、ほぼ一〇〇パーセント成功します」

形成外科の領域では、東洋が西洋をリードしているという。その理由は、箸を使う文化圏ならではの指先の器用さが生きるからだ。

幼児の頃から箸を使って食事を取る習慣に育てば、箸で米粒をつまむのはそれほどむずかしいことではない。だが、フォークとナイフでの食事ですぐに欧米人にはむずかしい。手先の器用さでは中国や韓国の医師たちも負けてはいないが、日本の医師たちが超微小形成外科の領域では圧倒的に優勢を保っている。その要因はなにか。それは、手術に用いる医療器具にあるという。

「私たちは○三ミリまでの血管を剥離したりつなげたりするわけですが、○三ミリというと髪の毛が○一ミリですから、髪の毛三本くらいの微小なものです。血管を縫い合わせる針は、その一〇分の一。○五ミリの血管ならば、○〇・五ミリ、五〇ミクロンの針を使います。五〇ミクロンとなると肉眼ではほとんど見えません。その針や針糸、持針器など、手術に欠かせない器具は、すべて日本製です。日本が誇る精密加工技術が世界最先端の手術テクニックを支えているのです」

光嶋さんの手術に欠かせない針と糸を製造するのは、千葉県市川市に本社工場を持つ河野製作所だ。

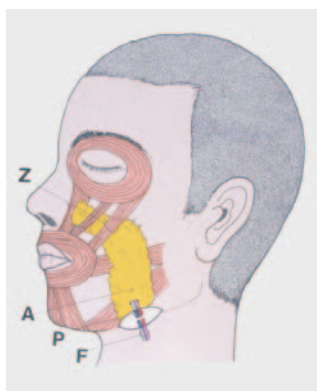
J R 市川駅からタクシーに乗って

光嶋教授提供の写真・イラスト・解説による微小外科（スーパー・マイクロ・サージャリー）のご紹介②

写真・イラストの説明は、光嶋教授から送られた音声データの解説を文字化したものです。© 光嶋勲



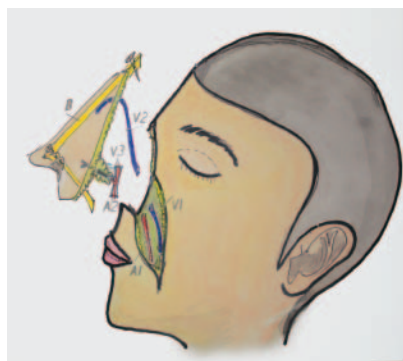
これは顔面神経麻痺……顔の腫瘍で顔面神経を除去してしまったケースです。先ほどの、神経線維をターンするやり方、ターンオーバーという方法で神経をつないでいます。これによってほぼ正常な顔の感覚、表情の再建が可能になるんです。これもまた新しい治療法です。



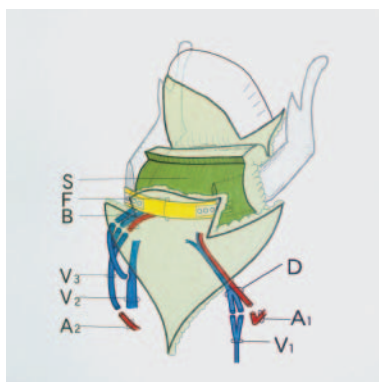
変形した顔に、血管つきで取ったお腹の脂肪を持ってきて、その脂肪の栄養血管を顔の血管につなぐことにより、生きた脂肪で顔を膨らませられることを示したイラストです。これもまったく新しい手術です。従来の脂肪注入法と比べても、一回の手術で顔の変形を矯正できるという、まさに美容的な再建術、美容再建法といえます。「生きた脂肪細胞」が超微小血管吻合によって可能になったということですね。



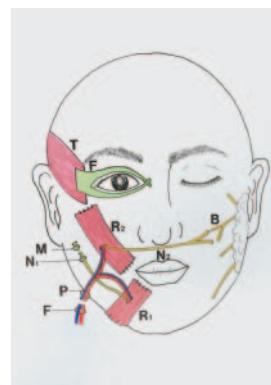
足のリンパ浮腫です。24年間つづいていて、圧迫してもよくならないというものでした。これもリンパ管と静脈を数か所ですぐバイパス手術をやることによって、右の写真のように……これは手術後9年目くらいかと思いますが、非常に良好な結果が出ました。



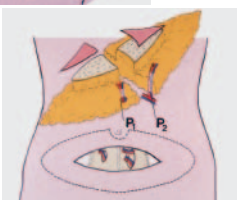
癌のできた鼻を全部取ってしまったケースです。これに対して腕の肉と、少し腕の骨も入れて、鼻の骨と肉を一気につくることになりました。これも腕の肉と骨に入る血管を顔の血管とつなぎ……動静脈をつなぐわけですね、そうして鼻をつくるわけです。やはり新しい術式です。



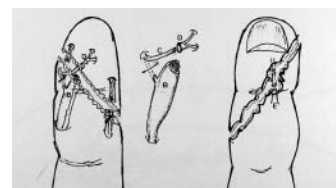
癌で顎とその肉、皮膚、すべて取ってしまったケースです。これに対し血管つきの腰骨を持ってきて顎の骨をつくり、同時に太ももの肉を使って軟部組織、皮膚や肉をつくります。数本の血管をつなぐことで、腰骨も太ももの肉も全部生きます。一回の手術で顎、失われた顎の肉、それと口腔底を一気につくってしまうという新しい手術方法です。キメラ型合併移植と名づけて、これも90年代に発表しました。いまでもこれは「名人わざ」といわれています。



顔の筋肉が失われた顔面神経麻痺に対しての治療です。切り取った脚の太ももの筋肉を2つに分け、両方とも血管をつなぎます。2つのこのセグメントの血管と神経をつなぐことにより、麻痺した顔面に植えた筋肉を反対側の顔面神経で動かし、笑顔を再建するんです。顔面神経麻痺の治療としては新しい、筋肉移植法による再建法ですね。

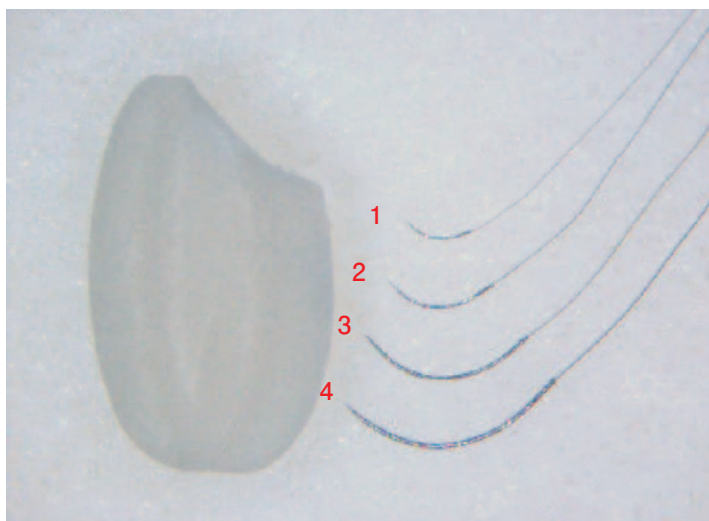


乳癌の患者さんです。乳腺だけを取って外の皮は残して、それに対し下腹部の脂肪だけを血管つきで持ってきて、生きた脂肪移植をします。そしてこの脂肪の血管を胸の血管とつなぐことにより、100パーセント生きた脂肪で、1回の手術で元通りの軟らかい乳房を再現できます。生きた脂肪移植による、乳癌切除後の乳房再建術ということです。これは美容にも、つまり豊胸術にも今後使われていくでしょう。



切断されてしまった手の指先をつなぐというケースです。まさに0.3ミリの血管吻合ができないと成功しない手術で、これはそのシェーマです。

顎の骨の癌によって、その骨とともに口の内側と外側の肉を両方取ってしまった例です。そこで、生きた腰骨で顎の骨をつくり、太ももの肉で口の内側の肉をつくり、お腹の肉で顔の外側の大きな皮膚欠損を埋めるっていう、サンドイッチ状の……これもやはりキメラ型合併移植ですが、こういった手術をしました。1ミリの動静脈1本で全部の血管をつないで、この大きな組織を3つとも生かしてしまうんです。これもある意味、名人わざです。



番号	針の直径	針の長さ	糸の直径
1	0.03mm	0.8mm	0.012mm
2	0.04mm	1.5mm	0.016mm
3	0.05mm	2.5mm	0.016mm
4	0.065mm	3mm	0.02mm

米つぶと針糸との比較。© 河野製作所

行き先を告げると、「ああ、天皇陛下がご視察にみえたところですね」と運転手がついてクルマを走らせる。同社は数々の受賞歴を有する、千葉県が誇る優秀企業だ。

「千葉県ベンチャー企業経営者表彰・優秀社長賞」「日本機械学会関東支部・技術賞」「第一回千葉元氣印企業大賞優秀作品・サービス賞」「第三回ものづくり日本大賞・内閣総理大臣賞」「日本クリエーション大賞二〇一〇・マイクロメディカル賞」「第二〇回千葉元氣印企業大賞・千葉県知事賞」。

主な受賞歴を並べただけでも、これだけある。

世界最小〇・〇三ミリの針の開発に挑戦した理由を、「無医村をなくしたかったからだ」と、河野淳一社長は語る。

「開発当時の常識では、〇・一ミリ以下の針は製造できないと思われていました。つまり、〇・一ミリ以下の針が必要とされる手術領域は、医療の手が届かない、医療の空白地帯という意味で『無医村』と認識されていたのです。しかし、過疎地帯の無医村であって



精密加工技術で高付加価値製品を生み出す河野淳一社長 © 河野製作所

も医療を必要とする人たちが存在しているように、〇・一ミリ以下の針を用いる手術を必要としている人たちがいます。たとえば乳幼児が事故などで指が切断されたとき、従来の手術用糸針ではつなげられないのです。微小血管の手術ができるようになれば、これまで難病とみなされていた人にも光が差します。たとえ少数であったとしても、医療の空白地帯に置かれて悲しみ困っている人たちがいる。

親しい整形外科の先生から〇・五ミリ以下の組織の手術ができる針を開発してほしいとの強い要望を受けて、医工連携の下での開発がスタートします。当時の常識をはるかに超える製品の開発には、相当の困難が予想されましたが、それでも挑戦することを決断した理由は、マイクロサージャリーにおける無医村を克服する手術針を、私たちの手でつくりたいと思ったからです」

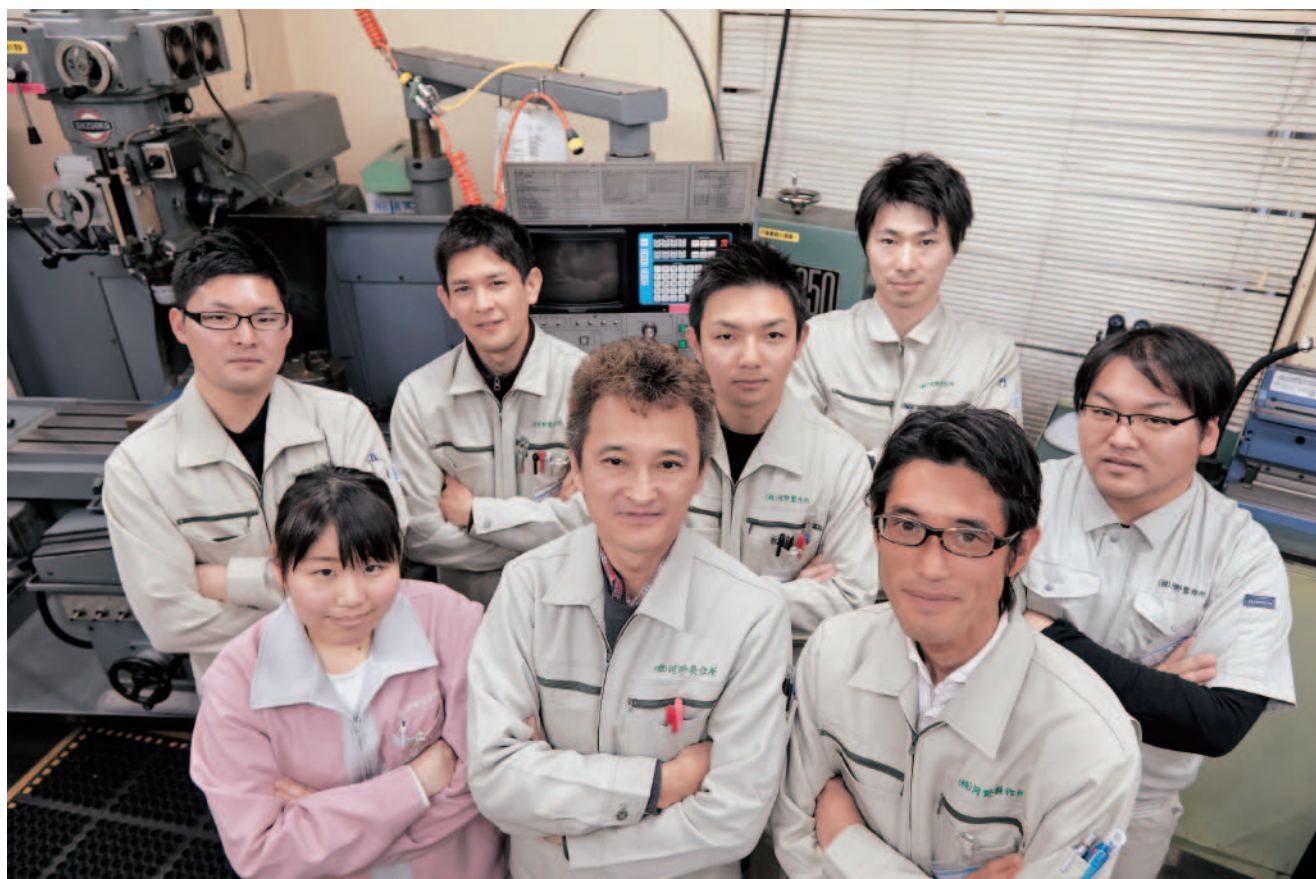
世界最小 〇・〇三ミリ針への 挑戦

覚悟していたとはいえ、世の中にないものを初めてつくり出す苦勞を骨身にしみて味わわれる。

手術用針の製作では豊富な経験を有していたが、光嶋さんが用いるような〇・〇三ミリの針となると、従来の手

ヒューマンドキュメント

患者の人生をも再建する、
世界最先端に位置する形成外科医
光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語



世界最小の針の開発に挑んだ岩立力・技術担当執行役員（前列中央）と「ものづくり技術」スタッフ。© 河野製作所

法や知識がまったく通用しない。試行錯誤を重ねた末に思い知らされたのは、まずそのことだった。

河野さんとともに開発に携わった岩立^{いわたつと}技術執行役員・ものづくり技術部部长が語る。

「私はただひたすらに、おそらくまだ誰も成し遂げたことがないであろう細さを求めて開発に没頭していました。だから思うようにできないと、他からの圧力というよりむしろ自分で自分自身を責めてしまっんですよ。」

世界最小となる針を開発・製造するには、きわめて精密な加工を実現する



名人の技術の数値化に成功し、高い生産効率を達成している。© 河野製作所

製造装置が必要となります。ところが、当時の私たちは、これほど精密な生産設備を持っていなかった。前人未踏の分野ですから、当然、すぐに外注をお願いできる製造装置メーカーもありません。そこで、工具や製造装置、検査機器に至るまで、文字通りすべてを自社開発することになります。すべてが、ゼロからの出発でした。

線材加工にも難渋しました。マイクロサージャリーの手術針は、血管の組織を貫通させる道具なわけですから、いかなれば究極の刃物です。単に細いだけでなく、切れ味や縫合で用いる際に曲がらない剛性も求められます。かといって、剛性を求めれば加工がむず

かしいくなるため、バランスをとることに苦労しました。

マイクロサージャリー用の針糸では、針と糸が一体化しています。従来はレーザーで針の尾部を軸方向にくぼませて、そこに糸を差し込む手法で糸と接続していました。ところが、〇・〇三ミリの針は細いため、レーザーの照射熱で素材の金属自体が溶けてしまい、うまくいきません。そこで、針の尾部を竹を割る要領で浅く裂き、そこに糸を挟んで締め直す方法で固定する方法を編み出しました。そうして、細い針を割るための加工装置の開発から始めて三年がかりでやっと完成にこぎ着けました」

この開発によって、整形外科領域において〇・五ミリ以下の組織の手術ができるようになったのではなく、手術可能領域を微小外科から超微小外科へと広げ、これまで医療の手が及ばなかった疾患にも治療への道を開いたといえる。

河野さん、岩立さんがともに強調するのは、開発に苦闘するプロセスを通じて、自分たちもまた得るものが少なからずあったということだ。その主なものを挙げてみよう。

★名人の技術を分析し、数値化をはかる。

かつては、針に糸を固定する穴を空ける微細加工技術を、ひとりの優秀な

職人が担っていた。ところが、彼が病に倒れてしまい、技術の継承ができない事態に陥った。そのとき痛感したのが、「数値化する」ことの大切さだ。以後、高度な加工技術の数値化に取り組む活動を通じて、数十年かけて技術を磨いた職人が一〇％ほどの成功率で生産していた微細針を、いまでは一般のスタッフが約九八％の成功率で生産できるまでになり、世代交代も順調に進む効果を上げた。

★伝統工芸の技を学び、活かす。

世界最小となる直径〇・三ミリの手術針の機構には、伝統工芸の匠の技が活かされている。また、同社製品のヘルニアを治療する際に用いる医療用固定布の製造でも、伸びにくい繊維の折り方など、の伝統工芸の手法を取り入れている。これまでも伝統工芸の技に着目することによって難問解決のきっかけを与えられた事例が少なくない。新製品を開発するうえで、陶芸や鉄器、刀などの日本で生まれた伝統的な技術に学び、技術を伝えるようにしている。

★医工連携を進め、医と工の架け橋となる。

工学分野で育んだシーズを、医療現場のニーズと結ぶ。これが医工連携の本来目指すべき姿だが、実際には工学者と医学者の間では双方が「異言語」と感じるほど、円滑なコミュニケーション

ションをはかるのはむずかしい。医療機器開発者が両者の架け橋となることによって、ニーズとシーズが噛み合った状態で製品開発が可能となる。技術開発型ベンチャー企業にとっては、医工連携を通じてオンリーワン製品を生み出し、多品種少量生産に対応する開発体制を構築することが、大きな強みとなる。

「開発したのは世界最小の針ですが、その開発に伴って得られたものを最大化して、組織に浸透させていくのが私の務めです」と語る河野さんが掲げる経営指針と理念は明確だ。

「私たちのビジネスモデルは『精密加工技術』を活かしたモノづくりで『新規市場の創造』を行うことを基幹としています。大企業ではカバールしくいニッチな分野に着目し、小さなニーズに対応する『多品種少量の高付加価値製品』の開発・製造を行うことで、収益性の高い事業を展開していきます。細やかなニーズに対応し、新たに生み出された医療機器を通じて、医療技術の発展に寄与し、一人でも多くの患者さんの命を支えていくことを理念としています」

逆風のなかでも めげなかった 理由

「生きるリジエンドずっと見てきた

ヒューマンドキュメント

患者の人生をも再建する、 世界最先端に位置する形成外科医 光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語

彼の I K I Z A M A ラストライブ」

光嶋さんの最終講義のあと、臨床研究棟に場所を移して開かれた懇親会への参加を呼び掛ける案内には、こんな言葉が大きく記されていた。

光嶋さんに聞いてみた。

「新しい術式をつぎつぎと発表しても、なかなか理解が得られず、向い風のなかをひとり走る長距離ランナーの孤独を味わわれたことも少なからずあったと思うのですが、そんなときにはどうされていたのですか？」

「逆境のなかでもめげないコツですか。うーん、なんだろうなあ……。若いころは『自分は間違ったことをしているのかな』と思ったこともありまして。とんでもない方向に進もうとしているんじゃないか、変わり者は変わり者だし、大きな間違いをしているんじゃないかって。『そんなこと誰にもできない』と批判を浴びましたしね。『きみの方法じゃだめだ』とはつきりいわれ、ほんとうにここまで低い評価を受けるようなことなのか。それが知りたくなってね。」

英語論文を書いて海外のジャーナルに送りつけたりしたのは、そのためなんです。すると、超一流といわれる人たちが絶賛されるような高い評価が返ってきた。思いもなかったことだったので、嬉しかったですね。『やはり、わかってくれる人はいるんだ』

と、大きな励みになりました。

それから、手術で得たヒントやアイデアについても、日記を書くように英語論文の形式で書き綴るようになっていき、いつの間にかそれが習慣になっていきました。気が付くと、英文論文の発表回数では筆頭格になっていました。

海外に発信すると素早い反応で、確実に手ごたえが返ってくる。その評価に因應べく、さらに新たな術式を開発する意欲がわいてくる。その繰り返しで、今日があると思います。海外発信することなく、国内で叩かれ酷評されるままでしたら、将来構想も描けずに、心が折れていたかもしれないね」

ここで、光嶋さんの経歴を簡単に紹介しておこう。

一九七六年、鳥取大学医学部卒業。翌年、東京大学医学部形成外科で研修。一九八三年、筑波大学臨床医学系形成外科講師。一九九〇年より、川崎医科大学形成外科助教授。一九九六年、ハーバード大学に留学。二〇〇〇年、岡山大学医学部・形成再建外科教授。二〇〇四年、東京大学医学部・形成外科・美容外科教授に就任。二〇一七年、広島大学国際リンパ浮腫治療センター特任教授に就任。

国外では、二〇〇九年、二〇一〇年、国立シンガポール大学シニア・コンサルタント（教授）。二〇一一年、スタ

ンフォード大学客員教授。二〇一二年スペインのバルセロナ大学客員教授。

「グローバルな活動を先駆的にやってこられたという感を強く抱きますが、ご自分ではいかがですか」と尋ねると、こんな答が返ってきた。

「ぼくの師匠でもある先代の東大形成外科教授の波利井清紀先生が、まさにそういう方なんですよ。世界で初めて超微小血管吻合で組織移植に成功された先生で、ぼくが入局したのがちょうどその時期。波利井先生が海外に行かれる際には『ついて来い』っていつてくださって、ぼくは発表のチャンスに恵まれていたんです。血管付き神経移植なども海外で発表することを意識して、そのころからはじめました。ほんとうにいつも連れて行っていたいたし、『行くからには発表しろよ』といわれたものです。

国際学会のディスカッションって、壮大な夢がバンバン生まれる場なんです。海外の大物たちがみんな、夢をどんどん膨らませて進化させていく。英語もうまくできなかった二〇代のぼくが、そんな海外の舞台で発表させてもらえていたんですよ。筑波大学に移ってから、何度も海外に出た二〇代の経験があったので、もう簡単に自分で演題をつくって行けました。だから、新たに開発した術式がなかなか認められなかったときに、英語論文を海外の

ジャーナルに送るといふ発想もわいてきたのだと思います。

そうした経験がじつに大きな財産となっているぼくとしては、いまも『鉄は熱いうちに打て』というのを鉄則と考えています。どんなに優秀な若手でも三〇代に突入してしまうと、おっくうになって国際学会に行けなくなる。外国人を迎えることもしよっちゅうあるんだけど、彼らに一回一時間くらいのレクチャーを英語でするんですよ。そのときに自分の新しいネタを集めて、国際学会でつぎに発表する内容を彼らに話すんです。

この時代、パソコンに音声が入るじゃないですか。スライドの一枚一枚に音声をつけられるでしょう。ぼくもいろいろとしゃべって、そのデータを医局の若いのに渡ししておくんです。そのパワーポイントのストックが山ほどたまつてね。国内外問わず学会が開かれる際、それを使って若い人たちに勉強してもらうんです。

彼らがぼくの話すことを繰り返し聴くわけ。そこには外国人とのディスカッションも入っているし、これだけでもう誰の指導もいりません。そのデータを頭に叩き込んだうえで彼らは発表するんだけど、パーフェクトですよ。入局したての新人なのに、よくこれだけきれいに流暢に話せるものだなと感心してしまいます。まあディス



ベルギーのアントワープ大学で開かれた第1回穿通枝皮弁再建術の講習会。当時30歳前後だった若手のドクターたちがいまでは世界の最先端を走っている。前列向かって右から2人目が光嶋さん。© 光嶋勲

カッションになると多少ずれている部分もあるけど、質問した人間を納得させられるくらいの答えは返せますしね。

これも一つの新しい教育のあり方で、その点でもテクノロジーの進化はすごいですよ。昔のように手取り足取

り教える必要がない。学会発表の予行演習すらしません。ぼくのプレゼンを聴いた彼らが、それを自分なりに編集してから発表して、賞までもらったりしています。入局したての若い医師がですよ。発表後にワッツと人が集まってきたりしてね(笑)。

現在、四〇歳代で国際的にトップ級で活躍している人々には、二〇代のころから世界を飛び回る先達たちを見て育ってきたという共通点があります。動力なしで空を飛ぶグライダーみたいなものでね。とにかく舞い上がってみるのが大切です」

ロボットで 力触覚情報を 再現できるか？

いま光嶋さんはその持てる力を医療機器の開発にも向けている。目指すのは、超微小外科手術を手助けできる手術支援ロボットである。

手術支援ロボットといえば、アメリカのインテュイティブ・サージカル社が開発した「ダヴィンチ」が有名だ。術者は一〇センチの小さな創から内視鏡カメラとロボットアームを挿入し、3Dモニター画面を見ながらロボットアームを操作して手術を行う。日本では二〇一二年四月からダヴィンチを用いた前立腺がんの手術が保険適用となり、標準的な治療となっている。では、ダヴィンチが超微小外科の手術を支援できるかといえば、一ミリ以下の血管をつなぐとなると、現時点ではむずかしいといえる。

「達人の極意を見る―手術ロボットはヒトの微細な力触覚情報を再現できるか？」（外科医のための現場と症例

ヒューマンドキュメント

患者の人生をも再建する、 世界最先端に位置する形成外科医 光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語

／フォレストプリンコム、Medical torch（編集部編）という企画で、感じる手を持つマイクロ手術ロボットの開発を推進する小林英司・慶応大学医学部臓器再生医学講座特任教授の司会で、光嶋さんは、力触覚情報を伝達できる手術ロボット開発のトップランナーである大西公平・慶応大学理工学部システムデザイン工学科教授と対談している。

大西さんが開発を進めている「力触覚情報を伝達できる手術ロボット」とは、物体を握ったときに筋肉の緊張具合からその硬さが理解でき、指関節の角度から物体の形状を知ることができる感覚（力覚）とともに、物体に触れたときの表面のザラザラ感などの皮膚感覚（触覚）を併せ持つロボットである。

力触覚情報の伝達再現技術は広く「ハプティクス」と呼ばれるが、これまでハプティクスの技術はコンピュータゲームでの仮想空間などで盛んに用いられても、実世界（リアル）ハプティクスの技術は遅れていて、実際の外科手術などには応用できないと思われていた。しかし、大西さんらの研究によって、実世界ハプティクスがモーションコントロール技術によって実現できることが明らかに

なった。

大西さんはマイクロサージャリーのできる手術ロボットの可能性に向けて、つぎのように話している。

「われわれの研究から明らかになったのは、力が通信できればかならずロ

ダヴィンチ® システム

1. 術者コンソール
（ロボットの操作）
2. サージカル・カート
（ロボットの本体）



ダヴィンチ・システム © インテュイティブ・サージカル社



力触覚のある内視鏡外科用支援手術ロボットの概念像 © 大西公平



ロボット開発について語り合う光嶋さん（向かって左）と柏野さん。 撮影 根岸 聡一郎

ボットはやわらかくなり、反対にやわらかいロボットはかならず力の通信ができるということだ。これを『ソフトロボティクス』と呼ぶ。ソフトロボティクスによって、やわらかく器用で人間らしい動作が実現できる。力覚の通信による遠隔操作は、今後の医療のコアテクノロジーになる可能性がある」

「現状では、ほとんどすべてのロボットは『硬い運動』のみでできており、『やわらかい運動』を実現できている例はほとんどない」

「微小な血管やリンパ管は同じような硬さと構造をしているので、その特性をデータ化すれば位置を指定しておくだけで正確な手術ができるようになるかもしれない」

この話を受けて光嶋さんは語っている。

「私たちは八〇年代に穿通枝皮弁など筋肉温存可能な低侵襲組織移植術を開発したが、より浅い箇所にある微小な血管をつなぐことができるようになれば、一つの組織移植でも多数の血管吻合が可能になり、巨大な移植片でも血行が確保できるようになる」

司会を務めた小林さんはこう締めくくっている。

「私には光嶋先生の『達人の技』を数値化したいという野望がある（笑い）。初心者とプロフェッショナルとの違いを

数値で客観的に示すことができれば、それを手術トレーニングに応用することができると。大西先生の研究成果を目の当たりにしたことで数値化が可能であるという確信を得た」

この企画は、医学と工学のそれぞれのエキスパートを迎えて、互いの研究領域について紹介・議論する、すなわち医工連携の推進を意図して発案されている。対談後、光嶋さんは医工連携の重要性について、つぎのようなメッセージを寄せている。

「医師は一般に他の領域についてあまり知らない傾向がありますが、異分野の研究成果に少し触れるだけでも心が高鳴るような経験ができます。異文化が交わるところには変革が起こる。それが私の持論です。他の領域のエキスパートとの異分野連携を積極的に進めることで、思いもよらない『化学反応』が起きることが多々あります。そういうセンスを持って世界に出ていこうと考えている若い医師に期待したいと思います」

日本製手術ロボット 開発に向けて 走りだそう

他の領域のエキスパートとの異分野連携という点において、光嶋さんは医工連携の分野で高い実績を上げている人物とパートナーを組んで、ロボット

開発に取り組もうとしている。

その人物とは、一般社団法人日本医工ものづくりコモンズ専務理事であり、東京都医工連携HUB機構のプロジェクトマネージャーを務める柏野^{かしの}聡彦^{としひこ}さんである。柏野さんについては本誌二四号に登場していただいたが、医療機器製版企業や優れた技術を持つものづくり企業、大学での研究動向などについての豊富な知識と人脈を持つ。

柏野さんは「最高峰・最先端・最上質の医療の提供者」と光嶋さんを評する。

光嶋さんへのインタビューには柏野さんも同行した。オランダから帰国したばかりの光嶋さんにヨーロッパにおける手術ロボットの開発状況を聞き、意見交換するためだ。二人はつぎのような会話を交わしていた。今日の開発状況をよく反映している内容なので、ご紹介しておこう。

「いかがでしたか」

「いけるね。まだかなり使いにくいけど」

「日本でもいけそうですか」

「いける、いける。絶対売れの時代がくると確信を持った」

「私もそう確信しています」

「ヨーロッパのなかではオランダとイタリアですでに試作品ができていてね。両方とも製作企業のトップが来て、

ヒューマンドキュメント

患者の人生をも再建する、 世界最先端に位置する形成外科医 光嶋勲教授と超絶手技を支える器具の物語

いろいろと質問していたよ。相当の資金をつぎ込んでいるような様子だった。一時間のレクチャーを頼まれたんだけど、その内容っていうのが、スーパーマイクロサージャリーだった」

「そこで使える手術ロボットができるようになるかどうか、彼らにとってのポイントですかね」

「できることはできるけど、もうちょっと時間がかかるね」

「日本は追いつけますか」

「日本は追いつける。彼らの考えているものは、大きすぎるんだよ。もっと小型で、簡単なものでいいんだ。既存の顕微鏡の下にマニピュレーター（人間の手と似た動作をさせ、手作業の代行に用いる装置）を置いて、確実にゆっくりと、人間の大きな動作を小さくしていく。トレーニングして、それになってしまえば、いける」

「ぜひ、医工連携の力で、日本製の手術ロボットを開発したいですね。私も内視鏡にアームがついたようなものをイメージしています」

「オランダの工科大学の研究室に置いてあったのを、実際に使わせてもらいました。慣れていないのでそう思った通りには動かせませんが、一〇時間もやれば使えるようになるだろうという手応えはありました。でも、大きすぎる。巨大なアームがついていて、顕微鏡をのぞいてこう操作するんだけど、

やはり枠が大きすぎる。鉄の四角い大きなフレームをどうやって患者さんのところまで持っていくんだという話になると、これはむずかしい。だから、現時点ではネズミの血管をつなげるという実験でとどまっていますわね」

「日本には先生が東京都医工連携HUB機構のコーディネーター養成講座で話してくださいったような、河野製作所の微小な針糸やEMIファクトリーの持針器などの精密な器材があるのだから、それをロボットアームが使うという発想でいけば、小型化は十分に可能です。価格もバカ高いものにならない。手先の器用な日本人向きのものがつくれると思います」

「その通りです。とにかく日本製手術ロボットの開発に向けて走り出しましょう」

光嶋さんと柏野さんが構想する手術ロボットが実現した暁には、肉眼では見えない組織の手術や細胞移植が可能となるという。そうなれば、冒頭に紹介したような「先生に手術していただいたおかげで、私の人生は絶望から希望へと変わりました」という手紙が、光嶋さんのもとにさらに数多く寄せられるようになるだろう。