

講演2

2021年 新春トップセミナー

いのち輝く未来社会の実現に向けて

～医工連携・医学の立場から～

大阪大学大学院 元医学系研究科長 医学部長 澤 芳樹 氏



講師 澤 芳樹 氏

●はじめに

大阪大学医学部心臓血管外科の澤芳樹です。本日は馬場口研究科長とともに医工連携について講演することになりましたが、私自身はきわめて医工連携のお世話になり、エンジニアのお蔭で心臓手術ができるようになってきたわけです。私もかつて研究科長をしていました。馬場口先生は工学研究科長の立場から話されましたが、私の場合は私自身の経験の

澤 芳樹 氏 ご略歴

1955年7月生まれ
大阪大学大学院 元医学系研究科長 医学部長
専門/再生医療 心臓血管外科

中でいかに医工連携を進めてきたのか、実際の手術、医療が医工連携のエンジニア的な技術で成り立っていることから、その重要性を話し、さらに万博につながる話をさせていただきます。

●心臓は全身に血液を送るポンプ

私は心臓血管外科医であります。心臓は電氣的な興奮でずっと動き続ける、きわめて神秘的な臓器であり、毎分数リットル、1日10万回、場合によっては100年近くも動き続けます。一方でこれは全身に血液を送るポンプであり、流体力学として考えると非常に理解しやすい。すなわちエンジニアリング的な臓器であることから、工学技術がきわめて重要だと言えます。

●1956年、人工心臓を使っての心臓手術

私どもの教室のエポックは1956年に日本で第1例目の人工心臓という機械を使って心臓手術を行った。心臓は血液がどンドン流れて1分間に60回、10リットル近くを送り出すという臓器です。その臓器にアプローチすることは大変難しかったわけですが、先輩方のエンジニア技術が心臓と肺の代わりをするような心肺装置を開発したがゆえに、心臓手術が可能になりました。1956年の4月以降、日本では心臓手術が6万件行われていますが、心臓自体を治すために、血管を治すために人工血管や人工弁、ペースメーカー、最近では補助人工心臓というように、まさに医工連携技術によって心臓血管外科の発展は支えられていると言っても過言ではありません。もちろん検査分野としての計測機器も全てこのような技術の賜物であり、心臓血管外科が成り立っていると言えます。

●工学技術による心臓血管外科の発展

2006年から私自身がこの教室を担当させていただくようになって、心臓血管外科の方向性について検討しました。低侵襲の手術、心不全をどれだけ克

服するか、それが当時の大きなテーマであり、少なくとも10年先に行く心臓血管外科として、教室の全員がその発展に貢献してきたわけであります。貢献の内容はやはりエンジニア技術でした。心臓手術をそれまでメスだけでやっていたものを放射線装置を使い、しかも新しいカテーテルを使う、デバイスを使うような技術はその当時始まっていませんでしたが、日本で最初に大阪大学で始めるようになって、今に至ってスタンダード化されるようになりました。もちろん人工心臓もやはり機械を人間の中に取り付けて循環を維持すること、これは心臓自体がいわゆるエンジニア的な臓器であるがゆえに可能となったと考えております。

●医工連携技術による世界初の心筋再生治療の開発

一方、再生医療であります、これもティッシュエンジニアリング。先ほどの馬場口先生の講演で大学内でのエンジニア、とくにバイオマテリアルとかティッシュエンジニアリング、細胞バイオなどの代表的な先生方の紹介がありましたが、私たちのその先生方と共同研究をしながら、また他の日本の先生方とも共同研究をしながら、まさに私が行ってきた細胞のシート技術によって患者さんを治す。しかもそれは世界で初めて薬事承認をとって保険診療が開始されています。人の命を救うために私たちは最前線で患者さんに接しているわけですが、私たちの武器というか、戦う治療技術はほとんどがこのような医工連携技術によるものだと考えています。

●大阪大学心臓血管外科手術数の年次推移

大阪大学における心臓血管外科手術は私が担当するようになった2006年以降、右肩上がりに手術数が増えていき、今では年間1,000件を超えるレベルになりました。残念ながら昨年はコロナ禍で少しトーンが落ちましたが、症例数が増えたこと以上に注目していただきたい部分は、手術死亡数が4.3% (2006年)、この手術死亡数とは手術後30日以内の死亡を示しますが、私が担当した2006年の4.3%から今では0.3% (2019年)、0.4% (2020年)と10分の1になりました。すなわち、それだけ安全に、低侵襲に行えるようになったと言えます。これら日進月歩の心臓血管外科の中におけるエンジニア技術、医工連携技術が、産業界との連携も含めて、これほど大きく患者さんを救うところに貢献していることが分かるかと思えます。

●2030年までに世界に起こるヘルスケア

そして2030年までにはどうなるかの予測 (US National Intense council) は、まずゲノム医療、予測医療、精密医療が進化するだろうとされます。人工知能 (AI Deep learning) はさらに進む。一方でロボティクス、そして再生医療が本格的に行われて、2030年の医療が大きく変わっていくことが10年近く前から予測されていました。まさに今これは現実のものになりつつあると思います。いずれの技術をとりにしても、エンジニア技術、医工連携技術、工学技術がどれほど必要とされているか、もしくはこの発展に不可欠であるかがお分かりいただけると思います。

●ヒトiPS細胞樹立により心筋再生医療共同研究開始

iPS細胞に関しては2007年に山中伸弥先生がヒトのiPS細胞を樹立され、私たちは2008年から共同研究を行いました。そして山中先生がノーベル賞を受賞され、国を挙げての再生医療拠点事業が始まりました。選ばれた4領域が世界をリードするiPS細胞臨床応用の拠点プロジェクトということで、光栄にも大阪大学は心筋の再生拠点として選ばれました。もちろん選ばれたことは光栄であったと同時に、高いハードルを越えるために大変大きな努力、技術の革新を重ねてまいりました。例えば大量の培養技術、細胞シートの製造技術、ちなみに両技術は大阪大学の紀ノ岡先生との共同研究であります。

●iPS細胞由来心筋細胞による心筋シート

そして最終的にはこの映像で見ただけのような、完全にエネルギーとか他のいろんな工学技術ではなくて、これをつくるための工学技術の結集でバイオのメカニズムそのもの、つまり皆さんの心臓の中で動いている心臓そのものをカラダの外で実現できるという心筋シートをつくることができました。しかもそれが安全に人に投与できるということが認められて、厚生労働大臣からの承認を得て今はもう治験が始まっています。

●iPS心筋細胞シート移植

これが昨年1月20日の世界初のiPS細胞を使った細胞シート移植時のビデオであります。これまでも細胞シート技術はいろんな形で行ってきました。この細胞シートをつくるためにはいろんな技術が、しかも動物実験で行う、再現することは難しいわけ

ではありませんが、人に投与するという、安全性を確保するための技術開発が我々にとっていかに高いハードルであるか、そして最終的にこの治療を行って患者さんは1年を経過し、先日入院していただきました。患者さんの笑顔を見て、この治療に対する手ごたえを感じております。

●AI、IT 技術を用いた新しい医療開発

すでにAIやIT技術を用いた新しい医療開発もスタートしていて、多種多様の外科手術や在宅医療、また診断技術などにおいてもAIやIT技術がすでに応用され、ほとんどの技術は私ども学内の共同研究で開発しています。工学系や情報系の先生方に大変お世話になりながら、新しい医療が開発されつつあります。

●文科省「TR 実践のための戦略的高機能拠点整備」

これらの新しい医療を発信する拠点として、大阪大学医学部附属病院では2002年に未来医療センターを設置しています。いわゆる橋渡し医療、橋渡し技術、アカデミアが開発した医療技術を人に投与し、社会実装していくための支援センターを設置し、その発展に私も少なからず貢献させていただきまして、最初の2002年には2人でスタートしました。私もその1人ですが、今では150人、180人が活躍する場となっています。

●阪大病院の再生医療臨床試験

そのような中から私たちの心臓以外に、角膜、骨、歯周病、脊髄損傷、軟骨、これらの種類すべてで臨床試験が行われていますので、大阪大学の再生医療がいかに進んでいるかを物語っていると思います。これらを技術支援してきたのが未来医療センターでありますし、同センターにはエンジニアの先生方もたくさん活躍していただいています。

●アカデミアによる医療開発における3つのハードル

このように医療開発を進めていって製品化するには3つのハードルがあります。すなわち魔の川。ほとんどの開発の10分の1くらいは何とかたどり着くのですが、魔の川で90%くらいはおぼれて死んでしまう。そして死の谷を越える。これも大変大きなハードルで、要するに医療技術は人で投与して、応用して初めて実用化につながるわけで、その部分で非常に大きなハードルを強いられます。それが死の谷です。そしてモノができて最後は弱肉強食の世界です。ビジネスとして生き残

れるか、これはハードルをどう克服するかが大変難しいことでもあります。先ほど紹介した未来医療センターでは橋渡しを進めて、今は30以上の製品等の治験が行われるレベルまで発展してきました。しかし、そこから先のインダスタルゼーションにつながるような、ダーウィンの海を渡れるようなイノベーションが何か必要であり、成功するカギは何だろうと、未来医療センターでも私がセンター長だった頃から常々考えております。

●イノベーションを興したシリコンバレーエコシステム

そこで、シリコンバレーがいかにイノベーションを興してたくさんベンチャーが立ち上がっているかということの研究をしました。これは1つの例かもしれませんが、私の勝手な見方かもしれませんが、やはりキーテクノロジーがあって、それを発展させるための人材、アントレプレナーシップの人材育成というのが大変重要です。その人材がベンチャーをつくり、そしてそのベンチャーをインキュベーションして、最終的にはオープンイノベーションを含めてたくさんの企業がサポートしながら、最終的には投資と人材育成の目利き力、そしてそれをいかに発展させるかの実力が不可欠だと感じました。このようなシステムはやはり30年以上も前から、1980年の頃から今の日本の大学が直面しているような、運営交付金が減っていくような課題に直面した時から、このようなイノベーションを興すためのエコシステムを確立して今に至っている。ここで発展してきたベンチャーは、大きなドネーションでまた大学に還元していく、このサイクルが回りだすと、たくさんの医療技術が産業化、社会実装化されて世の中に出ていく。そしてその資金が大学もしくは教育機関に戻ってきて、エコシステムとしてシリコンバレーのように大きく発展していく。このようなことを私は感じた次第です。

●大阪大学国際医工情報 MEI センター

私はMEIセンターの臨床医工学融合研究教育センターという名称で、古橋先生から引き継いで第2代目のセンター長をさせていただきました。そこから医工学の産学連携をいかに発展させるか、それと産学連携も含めてMEIセンターの発展に文理融合教育も必要だという観点で議論をして、最終的にはMEIセンターの略称は残しながらも大阪大学国際

医工情報センターという名前に変更し、さらにグローバル産学連携人材育成事業を進展させました。そして今に至っており、現在のセンター長は貴島先生にやっけていただいておりますが、研究開発と人材育成をつなぐ大きなコミュニティの形成、すなわち医工情報連携のプラットフォームとして大変重要な位置づけになっていると思います。

●Organization of Japan Biodesign

また、スタンフォードにバイオデザインという、これはアントレプレナーシップを教えトレーニングを行う教育システムがあります。スタンフォード大学の中でスタートして約15年、すでに70以上のスタートアップが育ちながら、一方で300億ドル以上のファンディングを得て、たくさんの人を育てる、そんな実績のあるスタンフォードバイオデザインと共同でジャパンバイオデザインを立ち上げさせていただき、大阪大学、東京大学、東北大学の3つの大学の連携によって、文部科学省のサポートにより資金的な援助を得てスタートしております。ここで何をなすべきなのかというと、これまで日本になかったアントレプレナーシップを徹底的に実践しながら、経験しながら学んでいく。病院の中で200以上のシーズをまず選んで、クリニカルイマージョンといいます、そこから徐々にブレーンストーミングをしながら1つの製品を1年間でつくる。その間にももちろん特許ですとか試作品をつくりながら、最終的には1つの製品のもとにベンチャーをつくっていくというシステムで、すでに5年を経ています。例えば最初の1期生はすでに在宅心臓リハビリ装置を開発しております、ファンディングも得て順調にベンチャー企業として育っていますし、すでに大阪大学でこのバイオデザインを元に数社がスタートアップしているということでもあります。こうした教育の仕組みを新たに米国から導入してまいりましたが、これをいかに日本的に発展させるかが大変重要で、現在ジャパンバイオデザインは学術団体として発展しながら、企業の方々とともにアントレプレナーシップの教育による人材の育成、そして新しいベンチャーの育成を行っているという状況であります。

●医学系研究科・医学部附属病院の組織体制

Since2015

私が医学部研究科長の時に附属病院と一体となっ

た組織体制をつくろうということで、2015年から4つのイニシアティブを構築しました。産学連携クロス・イノベーション・イニシアティブとバイオ・インフォマティクス・イニシアティブ、グローバル・ヘルス・イニシアティブ、臨床研究中核病院イニシアティブ、この4つの中で最初の2つはやはり医工連携には非常に重要なイニシアティブだと考えています。バイオ・インフォマティクスはやはり情報系の先生方との連携が大変重要であり、附属病院の患者さんの検体を元にデータベースをつくって、健康医療情報を活用したライフイノベーションの実現を行おうとしています。このインフォマティクス・イニシアティブが設置されていた基盤のもとに国内でがんゲノム中核拠点病院として選ばれて、現在活動しています。

●産学連携健康医療クロス・イノベーション・イニシアティブ

また、クロス・イノベーション・イニシアティブ、これは大学と企業の接点、企業目線のWin-Winな関係です。企業のニーズに合わせて大学のファシリティを提供する。大学からのいろんな技術をまた企業に供与する。Win-Winということが私は大変重要だと思っております、これまでヘルスケアにおいて日本のオープンイノベーションは成功していませんでしたが、こちら5年が経過して30社以上の会社が、しかもどちらかという製薬企業よりは、将来のヘルスケア産業を目指す形での包括連携をしたパートナーがたくさん参加していただいている。この企業の中から現在では18の共同研究講座ができました。これは先ほど馬場口先生の講演で共同研究講座は工学部からスタートしたという話がありましたが、医学部でも共同研究講座は非常に盛んになっていて、現在は寄付講座と共同研究講座を合わせると60以上の講座が新たに誕生している。このような状況の中で、新しい医療が生まれようとしています。

●戦略的パートナーリング

このパートナーを組んでいる中に、ジョンソン&ジョンソンのグループ会社でジョンソン&ジョンソンイノベーションという企業があります。イノベーションを興すための会社が私どもと戦略的パートナーリングを組んでいます。といいますのは、ジョンソン&ジョンソンイノベーションはベンチャー・イノ

ベーターの世界の成功例と言われている、やはりベンチャーをいかに育成するかということも考えながら工夫をされている中でなかなか日本では生まれにくい状況を、アメリカでの成功例を勉強しながら、まずそれを見習いながらも、日本的にいかに発展させるかを考えるべきだと思っております。

●大阪のブランド「中之島」

そして、皆さんもご存知の大阪のブランドである中之島の話です。中之島には、JRなにわ筋線の建設計画があり、鉄道が走ることとなります。写真のここは阪大の中之島センターですが、この辺りの美術館が建つその横も含めて、かつての大阪帝国大学発祥の地であり、また私どもの大阪大学の松下講堂があり、かつて医学部や理学部があった土地であります。これまでこれが空き地になっていたこと自体が不思議なくらいです。

●未来医療国際拠点基本計画（案）

ここに大阪大学の発祥の地を生かして何をすべきかについて大阪府が考えてくれまして、中之島4丁目未来医療国際拠点を設置するという基本計画を立てています。この協議会のメンバーに私も参加して助言もさせていただいています。この未来医療というのは大阪大学のキャッチコピーでもあり、ここでいかに新しい医療を発信するか、しかもなにわ筋線は関空とも新大阪ともつながるわけで、今後の交通の利点を生かした拠点づくりが必要になります。

●世界最先端の医工連携で共創する未来医療世界発信拠点

皆さんもご存知だと思いますが2019年には、日本生命、関電不動産、京阪ホールディングの3社グループによる開発事業が決定し、その箱の中身をどうするかについて議論が進められ、いよいよ一般財団法人未来医療推進機構が立ち上がりました。そして2つの建物の低い方が11階建てのクリニックもしくは病院ベース、高い方がR&D棟ではありますが、その下の階層にはいろんな新しいエコシステムを取り込んだような、スタートアップのために集まった人たちが議論できるような交流・融合の場を形成するという事です。中之島センターとも直結して新しい建物が建つということでもあります。恐らくここが世界最先端の医工連携で共創する未来医療の世界発信拠点になっていくだろうと私は確信しています。そして先ほど話したような、新しい創造活動ができ

るようなフロアも準備されております。2023年度中には完成するという事で、現地では既に土地の発掘調査が進められています。いよいよ建設が始まる段階に入ってきております。

●N4における新医療産業創出 シリコンバレー型エコシステム

その中にどんな形の、シリコンバレーのようなエコシステムを取り入れられるかは大きな課題であり、バイオデザインとしてはジャパンバイオデザイン、これはスタンフォードから学んだアントレプレナーシップ、これは1つの例ですが人材育成とクロスイノベーション、これも私の手前味噌で試みとして行ってきた、企業とWin-Winの連携体制のオープンイノベーションとして、これをこの中之島4丁目未来医療拠点で新しい産業の創出や資金還元は世界とつながって、大きなグローバルスタンダードになっていく、そのような場になってほしいと思っております。

●いのち輝く未来社会のデザイン

そして2025年の大阪・関西万博です。万博のテーマは「いのち輝く未来社会のデザイン」であり、いのちと未来社会の2つが非常に大きなキーワードになります。コロナ禍だからこそ死生観を大事にしようとか、いのちを大事にしようという時期になってきております。いのちを30年後、50年後の未来社会にどう輝かせるのか、そのデザインを誰がするのか、どうするのかということで今回の万博が行われるわけでありまして。大阪のど真ん中では既にグランフロントは建ち上がっているし、中之島4丁目開発は2023年度、うめきた開発も2024年度、そして万博が鉄道がということになると、大きなライフサイエンス構想が大阪の中で立ち上がる、ど真ん中でしかもダウンタウンで立ち上がる。その中でいかにして大阪大学の医工連携技術が活躍するか、その原動力になるかが大きなポイントであると考えています。

●天の時、地の利、人の和

千里中央のライフサイエンスビルディングに記念碑があることをご存知でしょうか。「天の時、地の利、人の和」、これは山村雄一先生が書かれた直筆だと思います。まさに今は「天の時」であり、「地の利」であり、「人の和」ではないのか。よくピンチはチャンスだと言われますが、危機という言葉には危険

リスクと機会という言葉があります。常にピンチもあればチャンスもある。そのようなタイミングの時に大阪大学が中心となって、大阪の活性化、日本のさらなる発展を願う時に、やはり人の和、地の利。とくに「人の和」、山村先生のメッセージから私は、今こそ「人の和」という言葉が重要だと思っています。

●集積されたメディカルエンジニアリング・インフラベース

これは先ほど馬場口先生からも紹介があった、旧万博会場の上空から見渡した航空写真です。私も馬場口先生が話されたことと同様な意見を持っています。ワンストップの医工連携が吹田キャンパスで可能である。これほど集積されたメディカルエンジニアリング・インフラベースはないのではないかと思います。やはりこの場に各研究科が集って、新しい

学術知と融合人材を生み出すことが大阪大学の新しい価値の創造につながり、それが本日のテーマでもある万博にもつながるのではないかと考えます。

●待ち遠しくなる未来

最後にフューチャビリティ (Futurability) という言葉は造語ではありますが、阪大病院のキャッチコピーです。英語辞書をひきたくなるような当たり前の言葉ではありますが、要するに「未来の可能性」のことです。大きな未来の可能性がある阪大病院再開発に向けてのキャッチコピーをつくったわけですが、私はここに医工連携のフューチャビリティは「いのち輝く未来社会」をいかにデザインするか、いかにその原動力になるのか、これが最も大切なポイントだと思っています。本日、このような機会を与えていただいて本当に有意義だと感じました。どうもご清聴、ありがとうございました。

