

新世代 3D-4K カメラ手術システムの開発と応用



小林英司

慶應義塾大学医学部 臓器再生医学寄付講座

はじめに

近年の光学機器の発展を受けて、手術野を 3D カメラで撮影し、それを大画面のスクリーンに投影する技術が、マイクロサージャリーの世界に紹介されてきた。一方、肝移植をはじめとする高度な外科手術でのマイクロサージャリーは、局所の拡大率が高いゆえに、ルーペ等で直視下の手術操作をする場合に比べ手術全体が把握しにくい。したがって、局所だけでなく手術視野全体をもカバーできる 3D ビデオシステムが必要である。

演者らは、4K の双眼カメラを一体型ビデオとして、手術野を撮影して、その画像を 3D スクリーンで構築する手術システムを開発している。本技術は、手術姿勢に無理がない Head up 状態で、マイクロサージャリーと一般視野下での手術をボーダーレスで行える手法であり、多くの診療科で高度な手術を安全に行う補助ツールとして期待される。本講演では、マイクロサージャリーの歴史に触れた上で、各診療科に横断的外科技術として紹介する。

マイクロサージャリーの歴史

マイクロサージャリーに必須の双眼顕微鏡の開発は、1800 年代に行われている。特にドイツの Carl Zeiss と Ernst Abbe の功績が大きいとされる。



顕微鏡開発の歴史



Carl Zeiss
「ルーペ顕微鏡」(1847年)



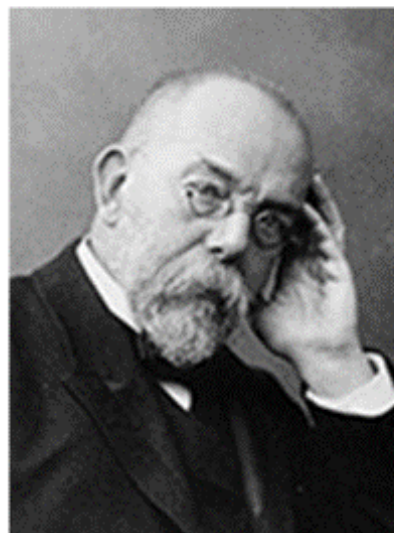
Ernst Abbe
「顕微鏡内光学結像理論」(1872年)
(インターネットより)

肉眼では到底見えない世界に顕微鏡という光学機器が導入され、この時代の細菌学発展に大きく貢献したことは言うまでもない。

近代細菌学の開祖



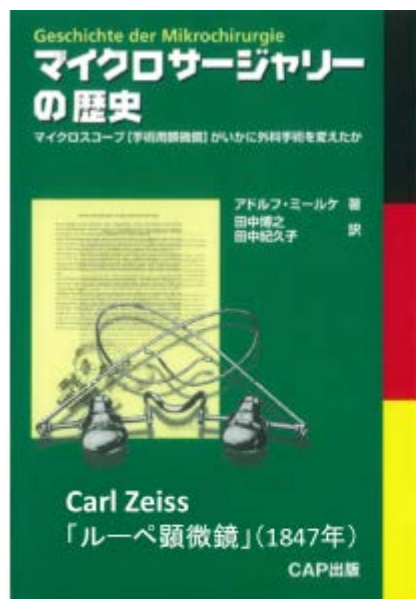
L. Pasteur (フランス) (1822—1895)



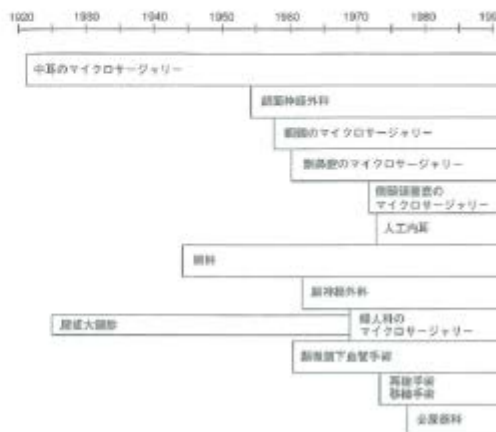
R. Koch (ドイツ) (1843-1910)

(インターネットより)

各診療科におけるマイクロサージャリーは、診療科の特性に応じて独自に発達を続けているが、その仔細はアドルフ・ミケール著の *Geschichte der Mikrochirurgie* に記載されている（日本では田中博之、紀久子氏の訳本がでている）。



各診療科で展開した マイクロサージャリーの歴史



この顕微鏡下手術は、各診療科において 1960 年代に大きく発展している。この 1960 年代は、アレックス・カレルにより「臓器移植」という手術技術が、ペータ・メドワの移植免疫学の解明、世界初の免疫抑制薬の開発により産声を上げ始めた時でもあった。

Sun Lee は、前述のマイクロサージャリー技術を駆使して、世界に先駆けラットの臓器移植モデルを発表した。

国際実験マイクロサージャリー学会と著者のマイクロサージャリーとの関連

国際実験マイクロ外科学会の開祖 ‘垣根を取り払い家族のように’



Sun Lee (USA) (1920-2015)

[Portacaval shunt in the rat.](#)

LEE SH, FISHER B.

Surgery. 1961;50:668-72.

[Liver transplantation in the rat.](#)

Lee S, Edgington TS.

Surg Forum. 1966;17:220-2.

[An improved technique of renal transplantation in the rat.](#)

Lee S.

Surgery. 1967 ;61(5):771-3

Lee 博士の開発したラットモデルは、新しい免疫抑制薬の開発、臓器保存技術、阻血再灌流障害のメカニズム解明とその制御など現在の臓器移植治療の発展に大きく貢献したことは言うまでもない。Lee 博士は、世界中の研究所を訪れ、マイクロサージャリーの指導に当たった。一方、前述のマイクロサージャリーの技術自体は、診療科毎に発展していったため、臓器移植に起因する研究や臨床の領域は臓器ごとの壁を乗り越えた討議が必要と考え、1992 年国際実験マイクロサージャリー学会が Sun Lee のものと組織された。本学会は、2 年おきに開催され本年で第 14 回目を経過する。

Clinical Microsurgery

1986 A-V shunt operation



2000 Hepatic artery reconstruction
in liver transplantation



(Eiji Kobayashi)

International Society for Experimental Microsurgery

1992 1st. ISEM Rome, Italy

1994 2nd. ISEM Kanazawa, Japan

1996 3rd. ISEM Wuerzburg, Germany

1998 4th. ISEM London/Ontario, Canada

2000 5th. ISEM Catania, Italy

2002 6th. ISEM San Diego, USA

2004 7th. ISEM Debrecen, Hungary

2006 8th. ISEM Montreal, Canada

2008 9th. ISEM Shanghai, People's Republic of China

2010 10th. ISEM Sao Paulo, Brazil

2012 11th. ISEM Timisoara, Romania

2014 12th. ISEM Kyoto, Japan

2016 13th. ISEM Tianjin, China

2018 14th. ISEM Debrecen, Hungary

著者は、第10代の会長を務めたが、マイクロサージャリーの経験は、むしろ臨床的ニーズから始まった。30年以上前、一般外科医として地方病院に勤務している時に、透析のためのA-Vシャントを必要とする患者がおり、顕微鏡下でのシャント作成が高開存率を示すことが外科医としてのモチベーションとなり勉強を開始した。その地方での臨床で学んだことは、著者のその後の臓器移植モデルの展開だけでなく、2000年に開始した小児生体肝移植手術におけるマイクロサージャリーに大きく役立った。

外科系手術における新技術の到来

1980年代から2000年にかけて光学機器の進歩により外科手術に大きな変化が来る。ファイバーを主体とする内視鏡分野でのCCDカメラなど電子スコープの導入は、消化器内科領域で発展したが、現在の婦人科、泌尿器科を含めた外科系の鏡視下手術に応用されたことは言うまでもない。

1980年代CCDカメラの登場とその応用

顕微鏡 と 電子画像



実体顕微鏡/SL-61



マイクروسコープ/SLM-02

(インターネットより)

この高画質ビデオカメラの技術が、マイクロサージャリーに応用され、いわゆるマイクロサージャリーにおける Head Up Surgery と呼ばれるようになってきた。

HEADS-UP SURGERY FOR VITREORETINAL PROCEDURES An Experimental and Clinical Study



(ECKARDT C, et al. RETINA 36:137-147, 2016)

新世代 4K-3D ビデオカメラによる新しい手術法への展開

著者らは、4K の双眼カメラを一体型ビデオとして、手術野を撮影して、その画像を 3D スクリーンで構築する手術システムを AMED 事業の産学連携事業として開発している。本

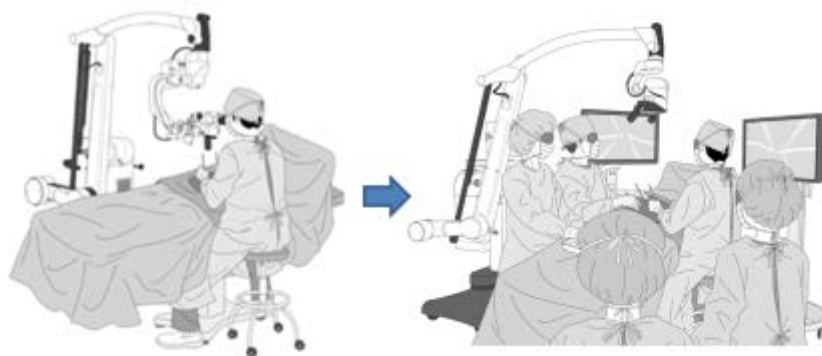
技術は、手術姿勢に無理がない Head up 状態で、マイクロサージャリーと一般視野下での手術をボーダーレスで行える手法である。多くの診療科で高度な手術を安全に行う補助ツールとして発展することを期待している。



AMED医工連携事業化推進事業 中間成果発表会

(2018年4月7日、東京)

「安全なマイクロサージャリーを提供する小型3Dビデオ顕微鏡の開発・海外展開」



Present

Future

おわりに

医学は、医学領域だけの知識や技術では革新的な進歩は得られない。マイクロサージャリーの歴史を紐とくとそのことが顕著にわかる。また各診療科で現在展開している知識や技術は、その歴史的なことを学ぶことにより「横断的」で「柔軟な」発想から生まれ、多くの先人の努力により現実的なものとなっていることがうかがえる。未来を担う多くの外科系の医師には、繰り返されるこの医療革命の風を学んでほしい。