

(イ)今後の人工心肺操作教育のあるべき姿

1. 教育施設、カリキュラム

体外循環の教育は、ヨーロッパではカリキュラムが確立されているが、国によってかなり異なっていて、それぞれ独自の教育システムを持っており、言語と文化の違いのためさらに複雑になっている。プログラムは内容が異なるだけではなく、教育水準においても異なっている⁷⁵。専門の団体が訓練過程を監督し、体外循環技士の臨床における最低水準の能力を保証することが必要であるとしている。

米国の体外循環技士は、初めは臨床において、あるいは実験室で訓練されたが、心臓手術の急激な増加により、正式な教育的訓練プログラムが必要になった。免許制度が多く州で採用され、体外循環技士の半数は条例によって資格が認定された⁶⁹。さらに、臨床での体外循環技士の最小限度の標準 (minimal standards) を作った。内容は、チェックリストの使用と、臨床の手順の重要な事象と数値を監視して、記録することであった。

諸外国においてシミュレーション教育はさかんであり、特に麻酔科系は熱心であり、胸部心臓血管麻酔科領域では模擬訓練装置が進歩している⁷⁶。オーストラリアにおいて Dr. Richard Morris らは、医師および体外循環技士が体外循環関係の重大なトラブル対処を学び、訓練するための装置を開発した⁷⁷。Sydney Perfusion Simulator (Ulco Engineering, Marrickville, Australia) が Sydney Medical Simulation Centre では、使用されている⁷⁸。この装置では、貯血槽が空になった、動脈ラインが閉塞した、人工肺の不具合、体外循環装置の故障、冷温水槽の不具合、モニターの故障、酸素ガス供給不全などのトラブルを実際の手術室での状態に近い形で再現できる⁷⁹。日本でも人工心肺での圧が高くなる、脱血ができないなどのトラブルをコンピューター制御で行うシミュレーターの開発が行われている⁸⁰。安全教育実習を恒常的に実施する場を設定することが望まれるが、常設の施設は日本にはまだない。

良い人材養成には良い教育が重要であるが、高度化および先進化した医療機器を安全に、また効率よく操作するためには、臨床工学技士に求められる責務ならびに業務量は、さらに増大することが予測される。そのための基礎的な知識・技術の習得が若い技士に望まれる。

技士の教育カリキュラムとしては、新人には担当業務の遂行に必要な能力開発、卒業後3年未満教育には部門目標の達成に必要な能力開発、また生涯教育として今後のキャリアに必要な能力開発を目指さねばならない。新人技士の訓練プログラム⁸¹を含む教育カリキュラムが体外循環技士から提案されている。体外循環技術の知識と技術を十分に習得し、アイデンティティを確立するためには、安全対策の情報、学会発表、学術的援助、他施設の安全対策を学ぶ機会、医療チームでの合同カンファレンスなど

が不可欠である。

技士向けの実技的教育内容には、人工心肺回路の組み立て、回路の充填と気泡除去操作だけでなく、基本的な貯血管理、操作の練習、トラブル対処の練習、人工心肺に必要な基本的な物品の確認、体外循環プロトコルの作成、支援システムの基礎データ作成操作、心筋保護液の準備、モニター、アラーム、安全装置の準備、チェックリストと安全点検、体外循環後の残血処理、自己血回収装置の組み立て、自己血回収操作、回路の廃棄、人工心肺の保守点検、閉鎖型および開放型体外循環の操作、サクションおよびベント操作、順行性心筋保護液注入操作、逆行性心筋保護液注入操作、人工心肺支援システム術中操作、支援システムレポート作成操作、術野回路の組立（手洗いと清潔操作）、あらゆる体外循環に必要となる物品の確認、非常用装置の操作と応急措置、血液濃縮回路の作成と濃縮、術中透析装置の取り付けと透析、脳分離体外循環回路の組み立て充填、脳分離体外循環、ミニサーキットシステムの準備、ミニサーキットでの体外循環操作、PCPSの準備・導入と操作・安全管理などを含んでいる。

現在、心臓血管外科の指導医や専門医資格取得には、体外循環関係の教育、トラブル対処の教育は求められていない。また、個々の施設においてきちんとした体外循環教育カリキュラムを整えていることは少ない。そのため、昔は古参の技士に体外循環操作法を習ったが、最近、体外循環や補助循環をまとめて学ぶ機会は、心臓外科医にはほとんどない。少なくとも、体外循環の基礎的トレーニングを行い、トラブル対処を訓練しておきたい。

入局後1、2年の心臓外科医への初期研修プログラムの内容としては、以下の事項がある。

- 体外循環の歴史
- 遠心ポンプとローラーポンプの違い
- 落差・ポンプ・吸引補助脱血などの脱血法の特徴と注意点
- 膜型人工肺の構造
- 送血・脱血部位の選択、送血カニューレのサイズと種類
- ベントの部位と意味
- 灌流量・灌流圧と臓器機能、灌流温
- 部分体外循環と完全体外循環の違い
- 血液ガスと酸塩基平衡
- 初期充填薬剤の種類と効用、およびその必要性
- 体外循環中・後の投与薬剤
- 心筋保護液と心筋保護法の特徴（順行性、逆行性）
- 血液希釈法の目的、無輸血体外循環の適応限界

- マニュアル類（体外循環操作マニュアル、体外循環危機管理マニュアル、プレバイパスチェックリスト、体外循環保守管理マニュアル）の必要性
- 安全装置とセンサー類の使用

訓練としては、人工心肺を用いた体外循環と心筋保護、PCPS および IABP を含む補助循環に関する実際の理解と技術の習得が求められる。内容としては医師は体外循環回路の組み立てを実際に 5 例程度行い、体外循環中の記録方法および終了時の計算方法を学ぶ。体外循環操作方法については、ベテラン技士の監督の下、標準的な回路を用いた体外循環操作の全て、または一部を実際に 3 例程度行うことが推奨される。

入局後 3～6 年の心臓外科医の中期研修プログラムでは、医療チームとしての連携を重んじ、術野ばかりでなく、麻酔科医とのコミュニケーションを学び、単独で体外循環操作が行える能力を身につける必要がある。内容としては、自施設で使用する体外循環システムの特性を十分に理解し、また、疾患と術式特性を十分に理解しなければならない。また、標準的な術式の時ばかりでなく、術野のいかなる局面時にも正確にコミュニケーションをとることができ、術野からの要求に応じて適切に操作できることが求められる。また、安全対策として、体外循環の再開、ポンプ故障の対処、脱血カニューレの抜け、空気誤送の対処などのトラブルに対し、的確な対処を行う訓練をする。麻酔科医と十分な連携では、循環動態を維持できることが求められる。訓練としては、ベテラン技士の監督のもと、脳分離体外循環の操作の全てまたは一部を行う（3 例程度）、また「体外循環操作マニュアル」の内容を理解し、ベテラン技士の監督のもと、心臓血管外科手術症例の体外循環操作を標準的な回路を用いて全てまたは一部を行う（10 例程度）ことが推奨される。

（担当：富澤）

2. 心臓外科医、麻酔科医、看護師とのチームワークの重要性

体外循環技術の安全性を高めるためには、個々の心臓血管外科施設が安全対策に継続的に努力する必要がある、チームワークと連携が重要である。体外循環のソフト面の安全性では、体外循環技士の熟練度、手術に関する知識、チームワーク（心臓外科医、麻酔科医、技士、看護師）が重要である⁸²。体外循環に係る臨床工学技士は、絶えず心臓外科医、麻酔科医、看護師などと緊密な連絡をとり、医療チームの一員として、コメディカルの役割を担っていることを自覚しなければならない。2006 年（平成 18 年）の日本胸部外科学会のハンズオンセッションは医師と技士のペアで参加するという企画であり、技士は医師に誘われ、また医師は技士に誘われての参加があった。アンケート調査の自由記載に、「声かけの重要性を学んだ」とあった⁴⁰が、これは医療連携に他ならない。

臨床工学技士法では、各種医療業務法を通じて初めて、チーム医療の理念が条文の

形で盛り込まれ、業務遂行においては各医療従事者との連携が重要になっている。依存・分担型チーム医療から、自立・連携型チーム医療を目指し、専門知識・技術に基づく患者観察や支援で十分な力を発揮し、専門性を明らかにした活動が望まれている。チーム医療の一員である以前に、社会人としての常識をもちろん身につけ、常に他人のことを意識し、全体の動き・状態に絶えず気を配り、事故・その他の異常の発見に努めたい。

(担当：富澤)

(ウ)人工心肺操作教育実習の実際

1. テキスト

臨床工学技士用テキストは種々市販されている⁸³が、体外循環の教育実習項目は標準化されておらず、体外循環の実習用テキストは少ない。臨床工学技士の養成校では、人工心肺の実習項目はあっても、整ったテキストを備えていることは少ない。独自の実習用テキストを作成し、使用することが多く、ある実習テキストの中には、充填、オクルージョンテスト、PCPSにおける水回しと流量測定などの基本項目があった。また、カリキュラム時間内において、実際に人工心肺装置を使用した体験実習は4時間程度であった。

養成校の学生は、臨床実習を通して初めて臨床工学技士の仕事を理解する。技士法施行10年目の1998年に行われたアンケート結果では、標準化された実習指導書がなく、またあっても具体性に欠けることが指摘された⁸⁴。すなわち、実習施設間での格差が大きいため、統一した指導書が必要とされた。ところが、それから5年後の2003年のアンケート調査でも、統一した臨床実習指導書(臨床実習ガイドライン)を作成する必要性と、さらに実習指導者の質を確保するために、何らかの指導者資格の必要性が指摘された⁸⁵。

(担当：富澤)

2. 教材(標準化体外循環回路)

初期体外循環教育に用いる標準的体外循環回路は、体外循環の安全性確保を最優先することを基本として、3種類を取り上げた。

標準的体外循環回路構成は

- 1) 現行の人工心肺回路を用いる手技との整合性や、体外循環回路を製作している会社の代表的な回路仕様、また体外循環を用いた心臓血管外科手術を多く行っている代表的な施設の回路仕様を十分に検討すること。
- 2) 人工心肺安全マニュアルで規定された安全な操作が無理なく行えること。

3) 構成部品の特性ごとにまとめること。

4) 部品などの名称の統一化を図ること。

の4項目に留意した。

2004年(平成16年)3月に、人工心肺回路製造会社に対して日本医療器材工業会人工心肺部会WGが実施したアンケート調査によれば、回路構成と年間出荷数は表5-1および図5-1のごとく主として3パターンに区別され、これら以外の回路は5種類(年間出荷数81=0.18%)であった。この調査では回路の一部として出荷している場合もあり、出荷数と症例数は同じではないが、国内出荷数の99.8%がこの3パターンに含まれるため、安全教育に用いる標準的体外循環回路はこれで十分と考えられた。

表5-1 人工心肺回路構成アンケート結果

回路	年間出荷数
体外循環回路に静脈貯血槽を有する回路	39,318
体外循環回路に動脈貯血槽を有する回路	1,312
体外循環回路に貯血槽を有しない回路	4,951
その他	81

また、これらの回路は使用する症例の体格により回路内流量が異なるが、初期教育用標準的体外循環回路は成人用を基本とする。これらの人工心肺回路には、貯血槽、人工肺、動脈フィルター、血液ポンプ、血液濃縮器、血液学的パラメーター測定用セル、安全弁、熱交換器などの構成部品が含まれる。今後、各関連学会が企画する体外循環安全講習会やトラブルシューティングのシミュレーションは、この3パターンの回路を教材とするよう、各関連学会に提言していく。

(担当：許)

メイン回路に貯血槽を有しない回路(代表例)

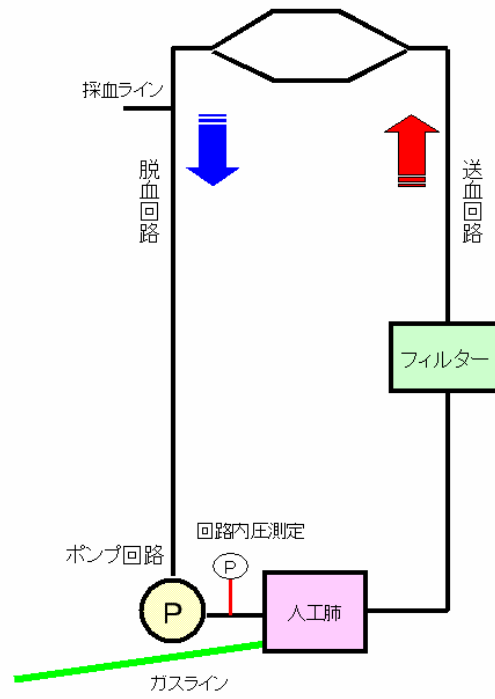


図 5-1c