遠心ポンプにおける流量特性について
――学内実習における教育効果――

玉城　聡

帝京短期大学　専攻科　臨床工学専攻

【抄録】

【問題・目的】遠心ポンプは一般開心術や機械的補助循環を用いた治療には欠かせないデバイスである。近年，臨床工学技士が扱う遠心ポンプの使用が増加しており，大学での教育現状について調査したところ時間的制約があり十分ではない。そのため遠心ポンプの座学と実習をリンクさせ，教育の見直しを図った。遠心ポンプの流量圧力特性を把握するための実習を考案し，学習効果や改善点，今後の課題について考察を行った。

【方法】泉工医科工業社製の遠心ポンプ，ECMO 装置等のデバイスを準備した。学生に実習手順を示して，遠心ポンプの流量圧力特性，ECMO 回路の圧力測定，de-prime 現象について検証を行った。

【結果】遠心ポンプの圧力特性は，最大回転数 5000rpm の時に最大吐出圧は 670mmHg であった。流量と圧力の関係は，流量を増加させるごとに圧力が低下する右下がりの曲線になった。ECMO 回路は流量が増加するほど遠心ポンプと人工肺の圧力低下が大きかった。遠心ポンプにエアーを挿入した結果，de-prime 現象が確認できた。

【考察】遠心ポンプは MCS 治療の中で血液体外循環を行うデバイスとして長期的に使用されることがあるため，その原理や特性を理解する必要がある。実習結果より，遠心ポンプの圧力特性と ECMO 回路の流量圧力特性が判明した。それらは座学講義で用いた教科書記載通りの結果になったことから，遠心ポンプの原理，流量圧力特性の把握と理解度向上につながった。

【キーワード】遠心ポンプ，流量圧力特性，座学と実習のリンク

Ⅰ．はじめに

１．遠心ポンプの概要

遠心ポンプは流体の粘性と遠心力によって血液を送ることによって，一般の開心術や機械的補助循環法（Mechanical Circulatory Support：以下 MCS）を用いた治療においては欠かせないデバイスである。MCS の主な用途として，心停止に対する体外循環式心肺蘇生（extracorporeal cardiopulmonary resuscitation：ECPR），心原性ショックへの体外式膜型人工肺（extracorporeal membrane oxygenation：VA-ECMO）を用いた循環補助，あるいは COVID-19 重症肺炎に対する VV-ECMO を用いた呼吸補助などが挙げられる[1)]。表 1 に遠心ポンプを使った体外循環装置（生命維持管理装置）の治療概要について纏めた（Table 1）。

２．血液ポンプの分類と原理

血液ポンプを臨床現場で用いる用途として，広義には概要で記載した以外に，血液浄化療法装置，補助人工心臓，IMPELLA（経皮的補助循環ポンプカテーテル）が使用されている。その中でローラを用いてチューブを圧閉させながら一方向に回転させることで血液を送り出すローラポンプと流体の粘性と遠心力によって血液を送り出す遠心ポンプに大別できる。2 つの血液ポンプの特徴を示す[2)]（Table 2）。

遠心ポンプ（centrifugal pump）は渦巻ポンプのことで，原理は流体に回転体を用いて遠心運動によって圧力に変換させ流体を送るポンプのことである[3)]。遠心ポンプの原理を示す[4)]（Figure 1）。流体の入った容器に回転体を設置し（Figure1 a），一定方向に回転させたときに，流体は回転体と同方向に渦をつくり中心から外周部（容器

Table 1. ECMO/PCPS の循環方式と特徴　1)

体外循環方式	VV-ECMO	VA-ECMO（PCPS）	
呼称	respiratory ECMO	Cardiac ECMO	ECPR
導入目的	呼吸補助	循環補助	心肺蘇生
血液流量（成人）	60～80mL/kg/min	60mL/kg/min（最大）	50～60mL/kg/min 以上
体灌流	自己心の拍出量	ECMO 流量＋自己心の拍出量	ROSC まで ECMO 流量
PaO2（生体側）	45～80mmHg	80～150mmHg	80～150mmHg
目標 SpO2（%）	80～95	95 以上	95 以上
動脈圧	波形変化なし	脈圧が小さい	ROSC まで脈圧なし＊
循環補助効果	補助効果なし	部分補助から完全補助	完全補助から部分補助

＊（ROSC：Return Of Spontaneous Circulation）➡自己心拍再開

Table 2. 血液ポンプの特徴　2)

	ローラポンプ	遠心ポンプ
長所	回転数、チューブ内径に応じた血液流量（正比例） 拍動流が可能 コストが安い 逆流の可能性がない ベント、吸引ポンプ使用可	過大な圧力がかからない 血球損傷が軽度 大量の空気を送らない チューブ圧閉度調整不要 長期体外循環可
短所	過大な圧力により回路破裂させることがある 大量の空気を送ることがある 血液損傷が高度 チューブの圧閉度調整が必要 長期体外循環不可	回転数と流量は一定ではなく流量計が必要 後負荷に影響され流量維持（低流量時）が不安定 逆流の可能性あり ベント、吸引ポンプ使用不可 拍動流は不可能 コストが高い 血液の粘性がポンプ特性に影響

側面）に圧力が発生する。容器中央付近は圧力が低下し液面が低く（Figure1 b）なり，その状況において容器の上から蓋をかぶせ，圧力が高い容器外周部と圧力の低い容器蓋の中央に流体の出入口ができるポートを作成すると流体は矢印のように円周方向に送り出される（Figure1 c）。

Figure 1 の容器を遠心ポンプに置き換えると，内部の回転体を 1000 ～ 5000 回転まで高速で回転させることでポンプの中央から流入した血液に遠心力が発生する。その遠心力によってポンプの外側に移動した血液を流出口より送り出す仕組みである[4,5]。

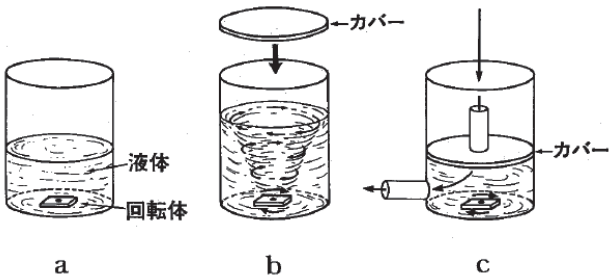

Figure 1. 遠心ポンプの原理　4)

３．遠心ポンプの歴史と現状について

遠心ポンプは当初開心術用の人工心肺装置の血液ポンプとして1950年代より開発され，1968年にはRaffertyによって，体外循環用血液ポンプの役割を担うものとして進化した[6,7]。臨床使用は1974年に世界で最初にBio Pumpとして販売が開始され，当初は補助循環用として使用されていたが，その後，1980年代の後半から米国を中心に開心術として使用されてきた。遠心ポンプは開心術のみならず，Table 1で示したECPR，VA-ECMO，VV-ECMO等のMCSを用いた循環補助・呼吸補助においても適応範囲が拡大している。

日本体外循環技術医学会教育委員会・安全対策委員会が行った人工心肺ならびに補助循環に関するインシデント・アクシデントおよび安全に関するアンケートが2019年（集計報告）に報告された[8]。それによると人工心肺の送血ポンプに遠心ポンプのみを使用している施設が255施設（61.4%），ローラポンプと遠心ポンプを症例により使い分けている施設が97施設(23.3%)，ローラポンプのみが60施設（14.5%）であった(Figure 2)。

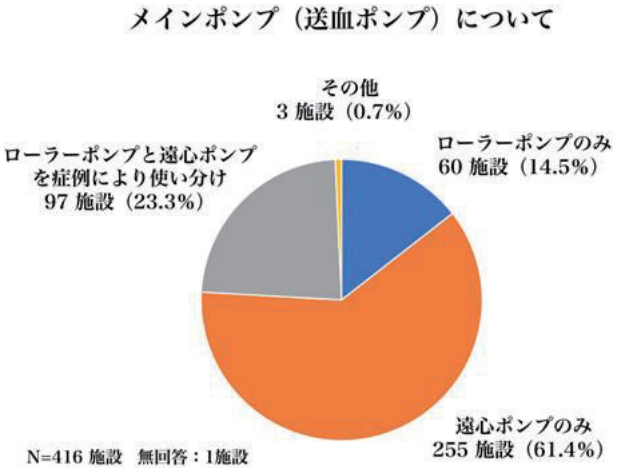

Figure 2. 人工心肺における血液ポンプの比率　8)

それと，PCPS・ECMOによる補助循環症例数の推移が2011年から2018年までの間に年次ごとに増加していることが報告された。このアンケート集計報告から臨床工学技士が扱う遠心ポンプの使用が増加していることが伺える（Table 3)。

４．遠心ポンプにおける学内教育の現状について

遠心ポンプを扱う臨床症例は拡大し，遠心ポンプを操作する臨床工学技士は開心術の人工心肺や循環・呼吸補助症例に対応しなければならない。臨床工学技士養成校において必要になる遠心ポンプ関連における教育について述べる。遠心ポンプは血液体外循環を行う上で必須となるデバイスであり，次にあげる項目の修学が必要になる。まず，1. 生体循環における基礎医学知識や臨床医学知識，呼吸生理における基礎知識，2. 遠心ポンプの基礎知識，遠心ポンプの流量特性における知識と技術，遠心ポンプの安全管理教育，3. 装置を使った実操作までの大系教育を行うことが理想である。本学専攻科（1年課程）における遠心ポンプ教育の現状は，主に座学，学内実習，臨床実習に区分される。座学は生体機能代行装置Ⅰ，医用機器学概論で行われ，指定教科書の日本臨床工学技士教育施設協議会監修の生体機能代行装置学（体外循環装置第2版）の第2章（血液ポンプP21-34）で2コマを

Table 3. 補助循環（PCPS・ECMO）症例数の推移　8)

アンケート	対象年	年間症例数(件)	対象施設数
2013	2011	3528	N=382 施設
	2012	3650	
2015	2013	4375	N=459 施設
	2014	4666	
2017	2015	4921	N=466 施設
	2016	5524	
2019	2017	5525	N=431 施設
	2018	5811	

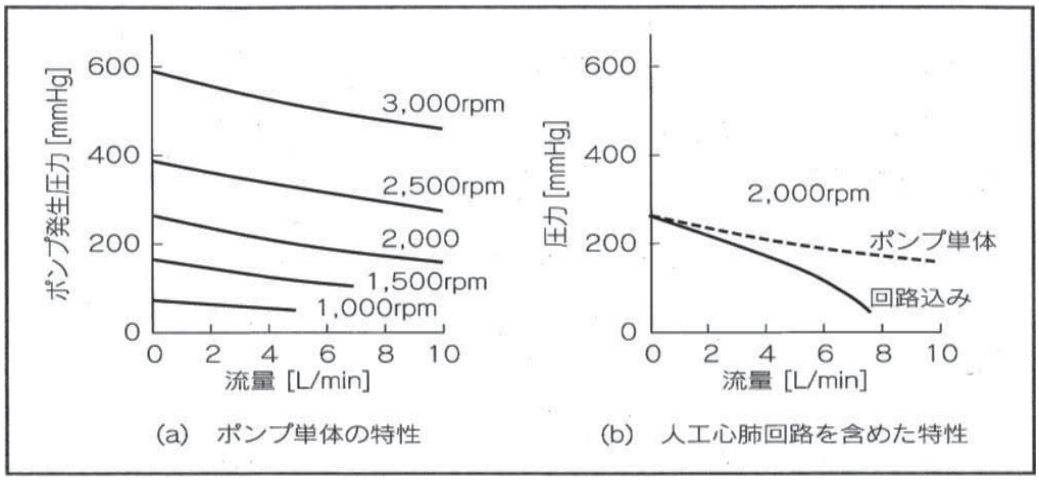

Figure 3. 遠心ポンプ特性曲線 9)

実施する[9]。その中で遠心ポンプの座学講義は約4ページ60分弱ほどで，その短い時間での説明では理解することが困難であると推察される。

ECMO実習の内訳は，遠心ポンプ（2機種）を導入し6コマ（座学2コマ，実習4コマ）にて実施している。座学2コマ（実習前後ECMO講義）の中で，指定教科書における遠心ポンプ補講や振り返り，学内実習における前準備と遠心ポンプの流量特性について説明を行った[9]（Figure 3）。実習では，ECMO実習回路の作成と充填・測定方法について説明し，学内実習で得られたデータについてレポート提出を課題としている。

5．ECMO実習の見直しについて

これまでに行ってきた学内実習は，市販のECMO回路を使用し，回路セットアップと充填・操作，患者との送脱血回路の接続手順を中心とした説明を行っていた。このように座学や学内実習では時間的制約もあり遠心ポンプにおける教育について十分に行えない現状があった。そのため学内のECMO装置が2台に増台した時期を起点に，遠心ポンプの座学講義とECMO実習をリンクさせ，教科書で使われている流量圧力特性について再現できるか検討しECMO実習の抜本的な見直しを行った。

Ⅱ．目的

遠心ポンプ単体の圧力特性と人工肺と模擬生体バッグを組み込んだECMO回路の流量圧力特性を理解させるための実習を行った。遠心ポンプの特性，流量圧力特性，講義資料の再現性について検証し，その学習効果や改善点，今後の実習課題について考察を行うことを目的とする。

Table 4. 実習で準備する物品一覧

準備品	項目	型式
医療装置	ECMO装置	HAS-CFP
	生体情報モニタ	フィリップス IntelliVue
デバイス	遠心ポンプ	HCF-MP23
	人工肺	メラ NHP エクセラン NSH-R HPO
	ポンプチューブ回路	3/8インチ
消耗品	血圧モニタリングチューブ	PT-48
	三方活栓	TERUMO（R型赤コック）
	モニタキット	PXMK11063

Ⅲ．方法

泉工医科工業社製の遠心ポンプ，ECMO 装置，人工肺，体外循環用の 3/8 インチポンプチューブ回路，圧力測定用として生体情報モニタ装置，耐圧チューブ等を準備し，学生に実習手順を示して行った（Table 4）。

1．実習手順１

遠心ポンプの入口・出口ポート部分に 3/8 インチ回路を接続し閉鎖回路とした。回路両端の約 8cm 部分に三方活栓付きコネクタを設置し，圧力測定ラインを 2 か所（入口・出口ポート近位）に設置し圧力測定器と接続した。遠心ポンプの回転数を 500rpm から 500rpm おきに ECMO 装置を最大回転数まで増加させ，その時のポンプ入口・出口の圧力を測定し，その差圧を吐出圧とした。測定条件は，水充填回路のエアー抜きを完全に行うこと，圧力測定前にチューブ鉗子で回路を完全閉鎖し，圧力計のゼロ点校正を行い基準値とした。測定項目は 2 つで流量が 0 時の遠心ポンプの回転数における圧力推移と各回転数において流量 0 から流量を増加させていった時の回転数と圧力推移について測定を行った（Figure 4）。

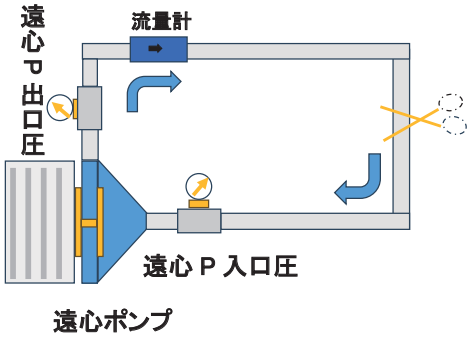

Figure 4. 実習手順１における回路図

2．実習手順２

手順 1 で使用した回路を 2 本用意しそれを送血側回路とした。脱血側回路とプライミングライン（充填ライン），遠心ポンプ，人工肺，模擬生体バッグを用意して，その組み立て・接続を行い ECMO 模擬生体回路とした。組み立ての際に模擬生体バッグの高さは遠心ポンプと同等とした。プライミングラインより水充填を行い，回路内と模擬生体バッグ内のエアー抜きを行った。圧力測定箇所は，遠心ポンプ入口，遠心ポンプ出口，人工肺出口，模擬生体バッグ入口の 4 か所とし，あらかじめ設置してある三方活栓に耐圧チューブを接続し圧力測定器にて計測を行った。測定項目は，遠心ポンプの回転数を 500rpm から 500rpm ずつ増加させ ECMO 装置の最大回転数まで増加させ，それぞれの回転数における圧力と流量について測定を行った（Figure 5）。

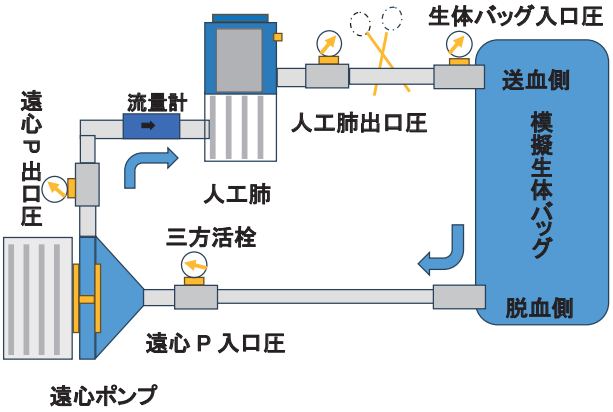

Figure 5. 実習手順２・３における回路図

３．実習手順３

実習手順 2 で作成した ECMO 模擬生体回路を使用して，回路から遠心ポンプに任意にエアーを送り込んだ時の状態観察を行った。手順は任意の回転数において流量設定を行い，遠心ポンプ入口部の三方活栓ポートより注射器を使って 50cc のエアーを送り込み，遠心ポンプの de-prime 現象について再現するか観察を行った。

Ⅳ．結果

1．遠心ポンプ単体における圧力特性について

遠心ポンプ単体の圧力特性について，Figure 6 に示す。ポンプの回転数を増加させていくほど，ポンプ入口圧（陰圧），ポンプ出口圧（陽圧）ともに上昇し，最大ポンプ回転数 5000rpm においてポンプ入口圧で -183mmHg，ポンプ出口圧で 484mmHg となり最大吐出圧は 670mmHg となった（Figure 6）。

次に各回転数における流量と圧力の関係について示す。遠心ポンプの回転数を 500rpm から増加させていった時の流量と圧力の推移について測定した結果である。各回転数において流量 0 の時が最も圧力が高く流量が増加するにつれて圧力が低下する右下がりの曲線を描いた（figure 7）。

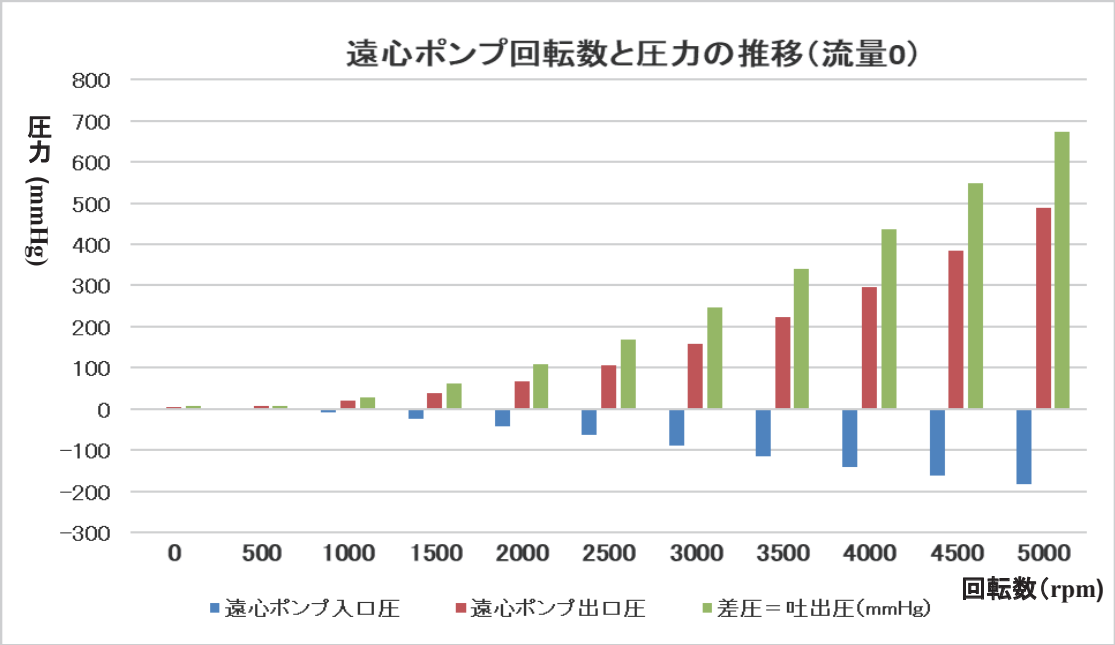

Figure 6. 遠心ポンプ回転数と圧力の関係

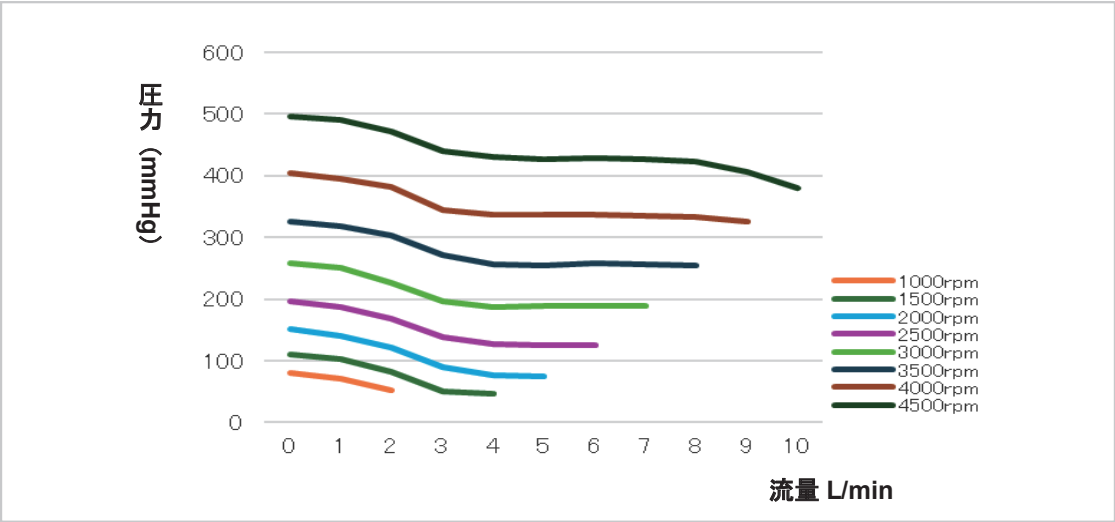

Figure 7. 各回転数における流量と圧力の関係

Table 5. 各回転数における ECMO 回路の圧力変化と流量

回転数 (rpm)	ポンプ入口 (mmHg)	ポンプ出口 (mmHg)	人工肺出口 (mmHg)	生体模擬バッグ (mmHg)	流量 (L/min)
0	35	32	7	6	0
500	32	35	8	6	0.85
1000	28	45	9	7	2.1
1500	18	60	14	9	3.5
2000	2	80	20	11	4.85
2500	−15	107	28	14	6.25
3000	−36	137	36	17	7.65
3500	−64	177	47	22	9.1
4000	−97	219	61	27	9.9

※4000rpm 以上は流量測定不可

2. 遠心ポンプの生体模擬回路における圧力特性について

遠心ポンプの回転数の増加に伴い，ポンプ入口圧は低下し2500回転からマイナスの圧力になった。ポンプ出口と人工肺出口の圧力は回転数の増加と流量の上昇に伴い圧力が大きく低下する現象が見られ，回転数が4000rpm，流量が9.9L/minの時に最大158mmHgの圧力損失があった（Table 5）。

3. エアートラップ現象について

脱血回路から任意にエアーを遠心ポンプに送り込んだ結果，ポンプ内で大量の空気の塊（エアートラップ）が観察され，同時に流量計が0を示し流体の流れが完全に止まったことが確認できた。ボーラス投与が速いほど流量計が0を示すのが速かった。

Ⅴ．考察

遠心ポンプは臨床業務で臨床工学技士が扱う生命維持管理装置で循環管理を主に担う血液ポンプである。生体機能代行装置としての役割は主に心拍出量の調節と血圧維持である。遠心ポンプは，MCSを導入した治療の中で，閉鎖回路を用いた血液体外循環を行うデバイスとして長期的に使用される[2,5]。

体外循環を操作するうえで理解しなければならない血液ポンプの基本的な知識について，ローラポンプと遠心ポンプの特徴を挙げ，遠心ポンプの長所について次の5つを示す。1）ECMO回路や人工心肺回路が狭窄あるいは閉鎖した場合でも過度の陽圧による回路破裂や損傷を生じない。2）大量の空気を送りにくい。3）回路の圧閉度調整が不要な事。4）過度な陰圧を発生させない。5）長期体外循環が可能である。この上記1)，2）の項目について，学内実習で行った実習手順とその計測結果をもとに学習効果や理解度について考察を行った。

1. 過度の陽圧が発生しない

遠心ポンプはさまざまな回転体の形状があり，回転によって流体にエネルギーが加わると，ポンプ出口の圧力Pが上昇し，流体の流れ（流量〔Qm^3/s〕）が起こる。その時に流体力学的損失，機械損失などを無視すると次式が成り立つ。T〔N・m〕を回転トルク，ω〔rad/s〕を回転角速度とすると，$T\omega = PQ$が成り立つ。この式でTω（回転数）を一定にしたときに，高い圧力が発生すると流量が減少し，また高い流量が出ると圧力が低下する特性を示す。言い換えると同じ回転数であっても流量が0の時が最も圧力が高くなり，流量が増加するに従って圧力が低下する右下がりの特性を示すのが遠心ポンプの特徴である[9]。

遠心ポンプ単体の測定結果は，ポンプの回転数を最大回転数（5000rpm）まで増加させた時の圧力が670mmHgであった。その最大圧力670mmHgの数値は，使用したメラ遠心ポンプHCF-MP23の添付文書に記載されている差圧と吐出流量の関係を示すデータとほぼ同程度の数値であった。測定条件項目が使用流体：水（30℃±1℃），差圧：出口圧力-入口圧力のみが記載されており，他の測定条件が公開されていないことを考慮すると，この実習手順1で測定した最大回転数5000rpmの最大圧力は，添付文書に近い数値が得られたと考えられる。

遠心ポンプの最大回転数の圧力上限が670mmHgであることから，ECMO回路や人工心肺回路を不適切な操作によって回路狭窄や誤った鉗子操作で回路閉鎖した場合でも，過度の陽圧による回路破裂や損傷が生じない理由である。

次に各回転数における流量と圧力の関係について述べる。遠心ポンプの特徴は流量が増加すると圧力が低下する特性がある。その手順では流量を安定した数値（例えば1L/min）にすることが手動鉗子操作において難渋した。安定した流量を得るためには機械式オクルーダの使用も考慮する必要がある。結果的に各回転数とも流量を増加させるごとに右下がりの曲線になったことから，講義資料の再現性は達成されたことになる。

続いてECMO回路と模擬生体バッグの組み立て・充填を行い4か所の圧力測定の結果と実習意義について述べる。講義資料は，指定教科書をベースとして作成し，遠心ポンプの特性曲線について講義説明を行っている。教科書では遠心ポンプ単体と人工心肺回路を含めた特性曲線の記載があり，実習手順1では遠心ポンプ単体での特性を示している[9]。

人工心肺回路を含めた特性をECMO回路に置き換えてポンプ単体の特性と比べてどのような曲線を示すか，教科書通りの特性になるか実習手順や測定結果から検証を行った。まず，座学

講義にて遠心ポンプの原理や特性について説明を行い，さらにDVD視聴で動画補講を取り入れた。遠心ポンプの学内教育の現状で述べたとおり時間的な制約もあり学習効果について，小テストや定期試験の結果から理解度は低いことが伺えた。そのため遠心ポンプ，ECMO回路，充填回路（プライミングライン），人工肺，模擬生体バッグを用意して，学生にECMO回路を組み立て⇒充填操作⇒模擬生体バッグと送血・脱血回路の接続⇒圧力測定回路と測定機器との接続まで一連の作業を実習手順に取り入れた。測定結果は，流量が増加するにしたがって圧力は低下し右下がりの曲線になった。またポンプ回転数を増加させると，全体の流量・圧力特性が上にシフトすることが示され，ほぼ講義資料通りの流量圧力特性になったことから，遠心ポンプに対する理解度や学習効果の向上が得られたと考えている。本来，学習効果の検証は，アンケートや小テスト・定期テストといった数値や採点といった定量化を行い判定する手法があるが，今回は講義資料の再現が出来たことが学習効果の向上と捉えている。学習方法の検証として次回の課題としたい。

2. 大量の空気を送りにくい

ローラポンプは特徴の一つに，大量空気の誤送が挙げられる。液体も空気も同時に送り出すために開心術の際に使用される人工心肺装置では術野出血の回収に使われている。遠心ポンプは，ポンプ内が大量の空気で満たされるとポンプ機能が停止する「de-prime現象」と呼ばれる事象が発生する[3)9)]。実習結果はポンプ内で大量の空気塊（エアートラップ）が見られると同時に流量計が0を示し流体の流れが完全に止まったことが確認できた。ボーラス投与が速いほど流量計が0を示すのが速く，ボーラス投与が遅いほど，流体の流れが遅くなって流れているのが確認できた。少量空気での実習は行っていないが，少量の気泡や微小気泡は人工肺や生体へ送付される危険性があることや，空気は生体にとって異物であり絶対に混入させていけないことも併せて安全教育を行っている。ECMO回路に入る空気は点滴ラインや三方活栓の開放によって混入するため，回路内に空気を見つけた場合は原因を迅速に見つけ修復する必要がある[10, 11)]。

3. 今後の展望や改善点について

今回，遠心ポンプを使った学内実習において遠心ポンプの回転数・流量・圧力を測定し，教科書とほぼ同じ曲線を描くことや，ポンプ内が大量の空気で満たされるとポンプ機能が停止する「de-prime現象」を実際に確認することができた。座学講義だけでは説明が難しい部分について回路組み立てや充填操作といった実学を経験させた。今後はいくつかの種類の遠心ポンプを使って，単体の圧力特性や流量圧力特性を把握し，それぞれの遠心ポンプの比較を行うことで学習効果の向上につなげて行きたいと考えている。

遠心ポンプの長所として，「過度な陰圧を発生させない」と記載したが，ローラポンプと比較したものであって臨床では脱血回路が震えるチャタリング現象を経験する[11)]。その時の脱血側は強い陰圧になっておりそれが長時間続くと溶血により血液中の遊離ヘモグロビンの上昇を招く要因になる。今後追加検討する項目として，脱血側回路に過度な陰圧が発生した時の状況を再現し，遠心ポンプの扱いにおいてどのような処置・操作を行うか実習手順を作成し，陰圧が過度に発生する時の要因を再現しその際の確認手順，ポンプ操作，生体で起きている事象などについて考えさせる題材にしたい。限られた講義や実習時間の中で，学生が理解できる，納得する，学習効果の高い実習をめざして模索していきたい。

Ⅵ．結語

学内実習において遠心ポンプ単体の圧力特性と人工肺と模擬生体バッグを組み込んだECMO回路を作成し，流量圧力特性を把握することができた。遠心ポンプの回転数・流量・圧力を測定し，教科書とほぼ同じ曲線を描いた。また遠心ポンプ内が大量の空気で満たされるとポンプ機能が停止する「de-prime現象」が，再現された。実習を通して遠心ポンプの原理や特徴について把握することで理解度や学習効果の向上につながった。

この研究に関して開示すべき利益相反はない。

【文献】

1） 坂本哲也・澤　芳樹・藤野裕士・竹田晋浩監修，玉城　聡編：ECMO・PCPS 中の管理 ECMO・PCPS バイブル 一般社団法人日本呼吸療法医学会 / 日本経皮的心肺補助研究会．メディカ出版．東京，pp.61-64　2021
2） 荒木康幸：各種体外循環回路とその操作方法（開放開路，閉鎖回路など）．教育セミナーテキスト第 38 号．pp71-74，日本体外循環技術医学会，2022
3） 大塚徹・諏訪邦夫：遠心ポンプの歴史と現在，帝京短期大学研究紀要委員会編（17），pp141-144，2012
4） 工藤英範：人工心肺の操作法 遠心ポンプ．日本人工臓器学会第 19 回教育セミナー，pp.39-48，2003
5） 山口敦司・百瀬直樹：人工心肺ハンドブック．pp.74-81，中外医学社，2020
6） Hall JE,James PA,Lucas BGB,et al:Someobservation on industrial pumps for extracorporeal circulation in mam.Thorax13:34,1958
7） Rafferty. EH, Kletschka. HD, Wynyard. M,Larkin. JV, Smith. LV,Cheathem. B:Artificial Heart, application of nonpulsatile force-vortexprinciple, Minnesota Medicine, 51:11～16,1968
8） 日本体外循環技術医学会 安全対策委員会：人工心肺ならびに補助循環に関するインシデント・アクシデントおよび安全に関するアンケート 2019. 体外循環技術，49（1），pp43-65，2022
9） 大塚勝哉・見目恭一・福長一義：人工心肺装置 血液ポンプ 遠心ポンプ，臨床工学講座 生体機能代行装置学 体外循環装置第 2 版．pp.29-34，2023
10） 見目恭一：新 ME 早わかり Q ＆ A 2 人工心肺・補助循環装置，pp.12-26，南江堂 ,2017
11） ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support Extracorporeal Life Support Organization, Version 1:1. April 2009

Flow Characteristics in Centrifugal Pumps
——Educational Effectiveness in On-Campus Training——

Satoshi TAMASHIRO

Department of Clinical Engineering, Teikyo Junior College

【abstract】

【Purpose】The Centrifugal pumps are indispensable devices for general open heart surgery and treatment with mechanically assisted circulation. In recent years, the use of centrifugal pumps by clinical engineers has been increasing, and a survey of the current state of education at universities found that it is not sufficient due to time constraints. Therefore, we reviewed the current education of centrifugal pumps by linking classroom lectures and practical training. Practical training to understand the flow pressure characteristics of centrifugal pumps was devised, and learning effects, points for improvement, and future issues were discussed.

【Methods】We prepared centrifugal pumps, ECMO devices, manufactured by Senko Medical Instrument Mfg. Co.Ltd. Practical procedures were shown to students to verify flow pressure characteristics of centrifugal pumps, pressure measurement of ECMO circuits, and de-prime phenomenon.

【Results】The pressure characteristics of the centrifugal pump showed a maximum discharge pressure of 670 mmHg at a maximum speed of 5000 rpm. The relationship between flow rate and pressure showed a rightward curve with the pressure decreasing with each increase in flow rate; in the ECMO circuit, the pressure drop in the centrifugal pump and artificial lung was greater as the flow rate increased. The de-prime phenomenon was observed when air was inserted into the centrifugal pump.

【Discussion】Since centrifugal pumps are sometimes used long-term as devices for extracorporeal blood circulation in MCS therapy, it is necessary to understand their principles and characteristics. From the practical training, the pressure characteristics of centrifugal pumps and the flow-pressure characteristics of ECMO circuits were identified. The results were as described in the textbook used in the classroom lecture, which led to an understanding of the principle of centrifugal pumps and flow-pressure characteristics and improved understanding.

【Key words】centrifugal pump, flow pressure characteristics, link between classroom lecture and practical training