

PCPS 施行中の輸液・栄養管理

田原良雄、杉山 貢

横浜市立大学医学部附属市民総合医療センター 高度救命救急センター

【はじめに】

PCPS (percutaneous cardiopulmonary support : 経皮的な心肺補助法) とは、「遠心ポンプと膜型人工肺を用いた閉鎖回路の人工心肺装置で、カニューレ挿入部位は大腿動静脈とする」と定義されている (図1)。大腿動静脈穿刺法という実際の臨床において多用されている血管穿刺手技で行えること、thin wall カニューレが開発されたこと、そして遠心ポンプを用いた閉鎖回路による補助装置の操作が簡便なことなどから、ひとつのシステムとして普及してきている。その特徴としてベッドサイドで比較的容易に開始できることから、循環器内科医や救急医による使用が増えている¹⁾。

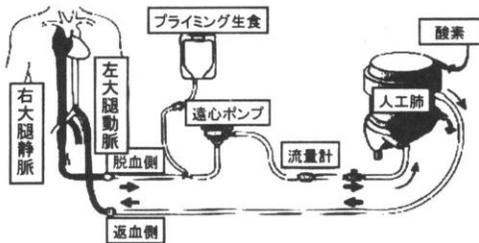


図1 PCPS装置図

【PCPSの歴史】

PCPSの歴史に関しては、本邦では、1989年から広く使われるようになり、年々使用数は増加している。1991年よりPCPS研究会が発足し成績向上のための装置の工夫や適応の検討がなされており、そのPCPS研究会による全国規模のアンケート調査によると、本邦においては、1989年の使用開始以後、PCPS症例は年々増加しており、1996年までに緊急

待機症例あわせて1706例が適用されている²⁾。対象は緊急心肺蘇生のみならずPCI (percutaneous coronary intervention) や手術の補助手段、心不全への補助循環として多方面に応用されており、今後もさらに症例は増加していくことが予想される。

【PCPSの適応】

PCPSの適応に関しては表1に示すように、心停止例や心原性ショック例に対する緊急心肺蘇生のみならず、さまざまな病態に対して循環補助や呼吸補助を目的に広く臨床応用されている。特に最近の傾向としては、救急医療施設での急性心肺不全に対する使用が増加している。一方、PCPSは肺切除術や大動脈瘤手術などにおける簡便かつ有用な補助手段としても使用されている。最近、心臓外科においても低侵襲心臓手術 (MICS : minimally invasive cardiac surgery) が行われつつあり、補助手段として通常の体外循環のみならずPCPSに改良・工夫を加えて使用している施設もある²⁾。

表1 PCPSの適応

1) 緊急心肺蘇生	心停止状態や心原性ショック状態に対する緊急循環維持
2) 循環補助	a) 重症心不全に対する補助循環として 心筋梗塞、心筋炎、心筋症、開心術後など
	b) 一時的な体外循環として supported PCI、心大血管手術時の補助手段など
3) 呼吸補助	ECMO (extracorporeal membrane oxygenation)、 呼吸器系手術時の補助手段など

【PCPSの成績】

PCPSの成績に関しては、PCPS研究会によるアンケート調査によると、急性心肺不全に

対する臨床成績は、1993年以前の生存例は467例中の生存率は、108例(23%)であったが、1994年には133例中43例(32%)、1995年には215例中82例(38%)、1996年には271例中98例(36%)とその成績も徐々に向上している²⁾。これらPCPS適応の症例は従来からの薬物療法やIABPでは救命できないような重症例であり、PCPS開始初期当時の成績を考慮すると、この数字は格段の進歩を遂げているといえる。最近では、脳保護も含めた全身の各臓器保護のため低温管理の併用の有用性も報告されている³⁾。

【PCPSの合併症】

PCPSの合併症に関しては、主に血栓塞栓症、出血、手技的因子などがあげられる。血栓塞栓症は1994年には、194例中21例(11%)、1995年には322例中35例(11%)、1996年には376例中19例(5%)であり、出血の合併症は1994年には14例(9%)、1995年には71例(22%)、1996年には68例(18%)であった。それに対して、手技的因子つまりPCPS挿入、維持に関与する合併症は1994年には155例(80%)、1995年には216例(67%)、1996年には290例(77%)と依然高く、PCPSの管理には十分な注意を要するといえる。特に送・脱血管の挿入時には刺入部出血、後腹膜腔血腫、血管損傷などの防止を念頭に置きながら、送・脱血管を挿入するようにすべきである。また、下肢の阻血に対しても嚴重な注意とともに、少しでもその兆候が現れた場合には、下肢への血流維持等の早急な対処が必要である。よって、合併症を考慮するとPCPSは慎重な導入と早期離脱が重要である。

【PCPSの使用期間】

PCPSの使用期間に関しては、劇症型心筋炎が平均173時間、心筋梗塞が平均80時間、肺血栓塞栓症が平均44時間という報告がある⁴⁾。施設により使用時間は多少ことなるが疾患ごとの使用期間の傾向は同じである。つまり、

急性肺血栓塞栓症に対するPCPSは比較的短期間で離脱でき⁵⁾、劇症型心筋炎に対するPCPSは長期間を要する傾向がある。

PCPS使用期間中の死亡例に関する検討では、死亡例中、死因が心臓由来の症例の占める割合が年々増加しており、1996年には76%で、心臓死以外のもの(多臓器不全、脳障害、出血、感染症による死亡)が24%であった。このことは、高度の心不全症例では、救命が困難であるとともにPCPSでは左心補助効果が低く、したがって全身管理は維持し得ても、心機能回復が得られないことも一因と考えられる。したがって、心不全が遷延する場合には、早期にLVAD(left ventricle assist device)などの心補助効果の高い他の補助循環に移行することが重要である。PCPS全体の離脱率は30~40%、生存率は23~25%、Emergent PCPSを行うもこれより離脱できず他の補助手段に移行したものは47%である。長期体外循環が必要となる症例に対しては、経腸栄養を含めた栄養管理の検討が必要となる。

【PCPS操作上の注意点】

PCPS操作上の注意点としては、PCPSの特徴として遠心ポンプを使用していることが重要である。このポンプでは前負荷、後負荷の変化により流量が変動するという特性を十分に理解して使用する必要がある。PCPS中は、輸液や輸血などにて循環血液量を是正することにより補助流量を維持することが重要である。4リットル/分以上の流量も可能であるが、実際は2~3リットル/分である場合が多い。必要以上に流量を上げると左室後負荷の増加を招き、障害心に悪影響を与えることがある。PCPS補助下に自己駆出波形が確認される場合には、自己駆出を保った状態で補助を行うことが望ましい。管理上、心エコーによる心機能評価が有用で、PCPS補助による後負荷に対して左室が駆出することができない状態では肺水腫を呈することがあるので

注意を要する。この際、モニタリングとして肺動脈カテーテルが有用である。中心静脈圧 (CVP) と肺動脈楔入圧 (PCWP) の測定は循環血液量、左室前負荷の指標として大切である。これらを目安にして、肺うっ血が増悪しないように輸液量とPCPSの流量を調節する。PCPSは、無拍動流による流量補助であり、その補助能力は通常心拍出量の50～70%である。また、右房・下大静脈脱血、下肢動脈逆行性送血であるため、左心に対しては、直接前負荷を軽減せず、さらに補助量増加に伴い左心後負荷を増大する。このため、自己心機能が不良な場合、PCPSにより全身循環は維持されるものの左心負荷を増大する危険性がある。したがって、拍動流を得るため、また自己左心への負荷軽減のため通常、IABPの併用が行われる。また、現在市販されている遠心ポンプおよび人工肺は、開心術における体外循環での使用を目的として開発されており、長期の使用は困難で、長期の補助が必要な際には血液ポンプと人工肺の交換を頻回に行わなければならない。一週間以内の交換が必要となる場合が多い。

【輸液・栄養管理】

PCPS施行中は適正な循環血液量を維持するように輸液・輸血を施行する必要がある。前負荷を適正にすることが重要である。循環血液量が足りないとPCPS流量が保てないため、循環血液量を維持する輸液管理が必要となる。また、侵襲下にPCPSが導入されるため栄養管理に関しても重視する必要があるが、輸液対策や栄養管理に関する過去の報告は少ない。輸液管理の指標に、膠質浸透圧 (colloid osmotic pressure: COP) を利用したり、Bacterial translocationの問題に対する対策としてSDD (selective digestive decontamination) を施行しているという報告がある。また、腎不全合併症例には持続血液濾過透析 (CHDF: continuous hemodiafiltration) を併用しているという報告もある⁶⁾。

栄養管理に関しては、経腸栄養 (enteral nutrition) と静脈栄養 (parenteral nutrition) を比較すると、bacterial translocationの予防、pharmacological nutritionの立場からの有利性、安全性、経済性から、栄養管理の第一選択は経腸栄養とすべきであるが、水分の厳密な管理が必要な心疾患症例に対しては静脈栄養による栄養管理に頼らざるを得ないのが現状である。将来的には、エネルギー量、エネルギー基質の調整は静脈栄養に担当させ、その上で、腸管絨毛上皮の萎縮の予防および腸管内細菌叢の維持を介してのbacterial translocationの予防、経静脈投与不可能なnutrientの投与等の経静脈投与では得られない効果を期待して、可及的に経腸栄養を静脈栄養に併用する栄養管理が望ましい。対象疾患、PCPS操作上の問題点およびPCPS使用期間に応じた輸液対策と栄養管理が重要である。

【PCPS維持のためのポイント】

1. PCPS至適灌流量：3.5～4.0リットル/分 (2.3～2.5リットル/分/体表面積)。
2. 代謝性アシドーシスに対しては、重炭酸ナトリウムで補正する。
3. 電解質
 - Na：体外循環開始時に減少し、終了後に増加。変動の幅は小さく、一般には補正しない。
 - K：体外循環の侵襲によるレニン-アンギオテンシン-アルドステロン系の亢進により、尿中K排泄は増加し、またKが細胞内に取り込まれるために血中K濃度は低下するので頻回に補正が必要である。
4. 血圧：mean BP>60mmHgを維持する。血圧を上げる方法は、(1) Volume 負荷 (Third spaceへの水分の移行を抑える意味から、膠質液を急速に静脈内投与する)、(2) PCPS流量の増加、(3) cathecholaminの使用。
5. 輸液：CVPを5-15mmHgに維持する。20以上では脳浮腫の危険増大。5以下では

volume 不足から脱血不良をきたしやすい。

6. Ht: 20-25%、Hb: 7-9g/dlを維持。
7. 脳浮腫予防: glycerol 200ml/回を3回/日点滴。
8. 尿量 > 1ml/kg/hを維持。尿量低下時には低容量 dopamine や carperitide の使用を考慮する。
9. 抗凝固薬として nafamostat mesilate を使用。20-40mg/h。ACT の目標は 180-250。Heparin coating されている回路なら回路維持の目的からは抗凝固は不要かもしれないが、全身の血栓予防の意味も含めて使用している。
10. 感染症対策: 体外循環により補体等の血液成分が機械的に破壊、消費され、免疫不全に陥ると言われている。清潔操作を厳守。強力な抗生物質を使用。炎症所見増悪時には γ -globulin の投与も考慮する。
11. 経腸栄養: 成分栄養剤から開始。水分管理上、経腸栄養が開始できない場合は、腸管絨毛上皮の萎縮予防目的で glutamine 6g/日を使用。
12. 脱血不良: 脱血管先端の位置の変更あるいは早急に膠質液 (Albumin, FFP など) を pumping で使用。

【栄養管理の実際】

当センターでの具体的な栄養管理に関して、栄養管理の目的は、生体の維持に必要なエネルギー生成を促進し、体蛋白の異化をできるだけ抑制することにある。まず、投与カロリーについて計算する。基礎エネルギー消費量 (Basal Energy Expenditure: BEE) を Harris-Benedict の式から計算する (表2)⁸⁾。実際投与する量はストレス因子を加味している⁹⁾。栄養投与方法は、中心静脈としている。高カロリー輸液時の7要素には①水、②電解質、③糖質、④蛋白源、⑤脂肪、⑥ビタミン、⑦微量元素がある。水分の調節は、尿量を 1ml/kg/h を維持しながら、CVP を指標に脱血不良や脳浮腫に注意する。電解質に関しては、尿中1日排泄量を計算し、Naの過剰投与

表2 投与カロリーの計算

BEE: basal energy expenditure (kcal/day)
基礎エネルギー消費量
Harris-Benedict の式
Male : $66.47 + 13.75 \times BW(\text{kg}) + 5.0 \times HT(\text{cm}) - 6.75 \times AGE$
Female: $665.1 + 9.65 \times BW(\text{kg}) + 1.85 \times HT(\text{cm}) - 4.68 \times AGE$
REE: resting energy expenditure (kcal/day)
安静時エネルギー消費量
REE = BEE \times SF \times AF
SF: stress factor (1.2 を採用)
AF: activity factor (挿管されて体動がない場合には 1.0)

や投与不足に注意する。また、低K血症に注意する。糖質の投与濃度は 10%→15%→20% と上げていく。尿中ケトン体、尿糖を検査し、血糖が経時的に測定し 200mg/dl を超えるようならば、インスリンの使用を考慮する。蛋白源としては、侵襲時は末梢でエネルギー源となる分岐鎖アミノ酸が適する。合併している肝機能障害や腎機能障害に応じてアミノ酸製剤を選択する。脂肪は熱源あるいは必須脂肪酸源として利用する。1gあたり9kcalの熱源になるが副作用として肝・肺機能障害や血液凝固異常をきたしうる。ビタミンに関しては、侵襲下の患者では必要量も健常時よりも増大している。中心静脈栄養の普及に伴い総合ビタミン剤や微量元素剤が普及しているのでそれを利用する。

経腸栄養に関しては、侵襲後は消化器機能の回復が一時的に抑制されるため、回復時間を考慮し、経腸栄養の開始時期は 48~72 時間後としている。投与方法はチューブの先端が胃内の時はボーラスあるいは持続投与、小腸内の時は絶対持続投与としている。スピードは 60ml/時以下で開始する。初めのうちは胃内残渣量を頻回に調べ、胃内残渣量が多い場合には投与量を減量すべきである。また、投与量の 1/2 以上が残る場合には中止とする。投与内容は、初めは低濃度から開始する。当センターでは 0.5kcal/ml 前後から開始している。成分栄養で開始し、順次増量し投与から 5 日目位をめどに予定投与量まで増量する。

【まとめ】

栄養管理に関しては、PCPSの使用期間が

一週間以内であること、また重症心不全症例に対する水分管理の点から静脈栄養に頼らざるおえないのが現状である。長期安定患者には経腸栄養の使用を考慮すべきであるが、PCPSの目的自体が原疾患の治療ができるまでのsupportという立場であり、長期使用に伴う合併症の頻度からもPCPS早期離脱が好ましく、実際のPCPS施行中の栄養管理は不十分である場合が多い。今後は、長期使用が予想される症例に対して早期栄養管理が重要になる。

以上、PCPSの現状およびPCPS施行中の輸液管理・栄養管理について当センターでの経験を含め報告した。

【参考文献】

- 1) 宮本裕治、松田 暉、南野隆三：本邦における経皮的心肺補助法の使用状況。ICUとCCU, 18 : 939-43, 1994.
- 2) 松田 暉：経皮的心肺補助法—PCPSの基礎から臨床まで—, 秀潤社, 東京, pp13-24, 1998.
- 3) 四津良平、前原正明、申 範圭、他：低侵襲・小切開心臓手術。体外循環と補助循環 59-66, 日本人工臓器学会, 1997.
- 4) 曾根孝仁、小山富生：PCPSの長期管理。集中治療, 12 (9) : 1015-25, 2000.
- 5) 田原良雄、猿渡 力、杉山 貢：急性肺血栓塞栓症に対するPCPSの臨床的検討。ICUとCCU, 27 (3) : 242, 2003.
- 6) 志賀英敏、平澤博之：臓器不全のクリティカルケア。日外会誌, 99 (8) : 528-32, 1998.
- 7) 杉山 貢：救命救急センター初期治療室マニュアル, 羊土社, 東京, pp41-42, 96-97, 2001.
- 8) Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Publication No. 279. Washington, DC : The Carnegie Institute of Washington, 1919.
- 9) Long CL, Schaffel N, Geiger JW et al: Metabolic response to injury and illness: Estimation of energy and protein needs from in direct calorimetry and nitrogen balance. JPEN J Parenter Entera l Nutr 3 : 452-56, 1979.