

# 単純血漿交換法 (PE)

山根 慎 滋 志 賀 英 敏 平 澤 博 之

千葉大学医学部附属病院 人工腎臓部

## 1. はじめに

単純血漿交換法(plasma exchange:PE)とは、血液を血球成分と血漿成分に分離し、分離した患者血漿を廃棄、代りに健康な人の血漿(多くの場合は、新鮮凍結血漿:fresh frozen plasma, FFP)ないしは血漿製剤を補充することにより治療効果をあげようとする血液浄化法である。PEは、小分子量物質から血漿蛋白に代表される大分子量物質まで除去可能であり、さらには健康人の血漿に含まれ、患者血漿中に不足している凝固因子などの有用物質を補充できることが特徴である。

血漿分離の方法は、遠心分離法と膜分離法に分けられる。歴史的には遠心分離法によるPEが古く、1970年前半より成分採血を目的として遠心型の血液成分分離装置が開発され臨床応用されはじめこれがPEにも転用された。

しかしこの方法は分離血漿中に血小板が混入すること、装置が高額なこと、体外充填量が大きく装置自体も大きいなどの欠点を有していたため、重症患者に対するPEに用いるには問題が残されていた。

1970年後半より膜型血漿分離器が開発され、上記の問題が解決され、現在は膜型血漿分離器を用いたPEが主流となっている。本稿では、単一膜型血漿分離器を用いたPEおよびその副作用を予防する目的、さらには病因物質のより効果的な除去を企図して考案した持続的血漿交換 + 持続的血液濾過透析(continuous plasma exchange + continuous hemodiafiltration:CPE+CHDF)<sup>1), 2), 3), 4)</sup>の施行方法および施行中の注意点について述べる。

## 2. PEの適応疾患(表1)

キーワード:PE, CPE+CHDF, nafamostat mesilate, activated coagulation time (ACT), FFP, 副作用, COP, hemofilter, CPE+high flow continuous hemodiafiltration (HFCHDF)

表1にPEの健康保険上の適応疾患と認められている施行回数を示した。PEは非特異的に分子量の大きな蛋白結合物質や免疫複合体等を除去できるため、これらを病因物質としている疾患や、凝固因子等の有用物質の補充により有効性が期待される疾患などが適応とされている<sup>1), 2), 3), 4)</sup>。また二重膜濾過血漿交換(double filtration plasmapheresis:DFPP)や血漿吸着(plasma adsorption:PA)の開発により、病因物質が明らかになってきている自己免疫疾患や神経・筋疾患などには病因物質をより特異的に除去するDFPPやPAが適応となると考えられる<sup>5), 6), 7)</sup>。

## 3. PE施行方法の変遷(図1)

従来当院ではPEを行う場合、1回約2~3時間で3200mLの血漿を等量交換する方法で施行していた。しかしPEを導入した1979年当時はPEの副作用を軽減する目的で、PEの終了後に間欠的な血液透析

薬物中毒	一連につきおおむね8回
肝性昏睡	
劇症肝炎	一連につきおおむね10回
術後肝不全	一連につきおおむね7回
急性肝不全	一連につきおおむね7回
全身性エリテマトーデス	一連につき月4回
悪性関節リウマチ	週1回
重症筋無力症	一連につき月7回を3ヶ月
ギラン・バレー症候群	一連につき月7回を3ヶ月
家族性高脂血症	週1回
閉塞性動脈硬化症	一連につき3ヶ月に10回
巣状糸球体硬化症	一連につき3ヶ月に12回
原発性マクログロブリン血症	一連につき週1回を3ヶ月
多発性骨髄腫	一連につき週1回を3ヶ月
血栓性血小板減少性紫斑病	一連につき週3回を3ヶ月
溶血性尿毒症症候群	
重度血液型不適合妊娠	
天疱瘡	一連につき週2回を3ヶ月
類天疱瘡	一連につき週2回を3ヶ月
同種腎移植	一連につき術前4回, 術後2回
多発性硬化症	一連につき月7回を3ヶ月
慢性炎症性脱髄性多発根神経炎	一連につき月7回を3ヶ月

表1 PEの健康保険上の適応疾患

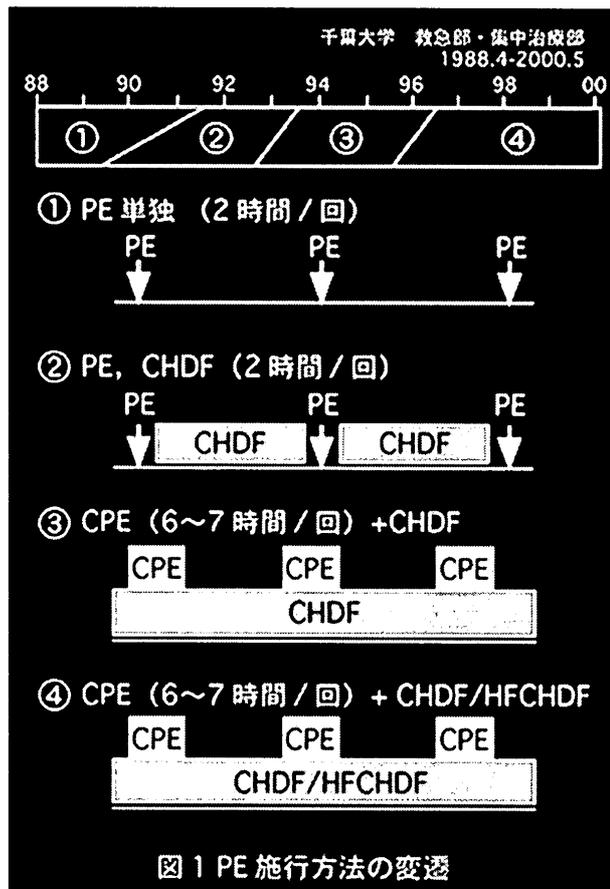


図1 PE施行方法の変遷

(hemodialysis, HD)を2~3時間施行したり, PEとHDを直列に接続し電解質の補正を行っていた. 1990年頃よりPEの副作用軽減および肝性昏睡に関する中分子量物質の効果的な除去を目的として, PE後から次のPEまでの間にCHDFを併用する方法を採るようになった. このPE後のCHDF施行によりNa, 重炭酸イオンの濃度は良好に管理できたものの, 2時間で3200mLという大量の血漿を置換することによる急激な膠質浸透圧(colloid osmotic pressure: COP)の変化は避けられず, 脳浮腫や肺水腫といった副作用の予防に加え重症患者に対する循環動態や意識状態に与えるPEの悪影響を最小限にすること, またビリルビンに代表されるような血管外プールの大きな物質の除去量を大きくする目的で1993年頃からPEを6~7時間かけて施行する持続的血漿交換(continuous plasma exchange: CPE)としCHDFを併用したCPE+CHDFとするようになった<sup>3), 8), 9)</sup>.

#### 4. 単一膜型血漿分離器による PE 施行方法

##### 4.1 血漿分離器

現在, 臨床で使用されている血漿分離器には主に合成高分子膜が用いられ膜孔径は約 $0.2\sim 0.5\ \mu\text{m}$ <sup>10)</sup>, <sup>11)</sup>, <sup>12)</sup>に設計されている. 膜面積は $0.2\sim 1.0\text{m}^2$ のものがある. また血漿中に含まれるアルブミンやグロブリンの血漿分離器におけるsieving coefficientは, 理論的には1.0であり, 分子量 $15\sim 20$ 万 dalton 以下までの物質が分離可能である<sup>1), 2), 12)</sup>.

##### 4.2 PE用ベッドサイドコンソール

PE用ベッドサイドコンソールは, 血液, 血漿, 置換液, 抗凝固剤注入用などのポンプ類と, 各種圧モニタ, 警報モニタ・センサから構成されている. また最近の装置は, 血漿交換は勿論のこと種々の血液浄化法に対応できるように設計されており, 小型で安全性の高いベッドサイドコンソールとなっている.

##### 4.3 抗凝固剤

PE施行時の抗凝固剤として従来はヘパリンが多く使用されていたが, 出血傾向のある重症患者には不適切であった. 一方, 出血性合併症の頻度が少ないnafamostat mesilateや低分子ヘパリンの開発により重症患者でも安全に血液浄化法が行えるようになった. 低分子ヘパリンはヘパリンに比較して出血性合併症は少ないものの, nafamostat mesilateより多いことや, 至適投与量決定のための簡便なベッドサイドモニタの方法がないため, 我々はPE施行時nafamostat mesilateを重症患者に対する第一選択の抗凝固剤としている. また, PE施行中はactivated coagulation time (ACT)を動脈血でモニタリングしながら150から170秒を目標としnafamostat mesilateの投与量を調節する<sup>1), 2), 3)</sup>.

##### 処方例

- a. ヘパリン: 開始時one shot 2000U, 持続注入1000~2000U/hr
- b. 低分子ヘパリン: 開始時one shot 1000U, 持続注入500U/hr
- c. nafamostat mesilate: 持続注入 $0.5\sim 1.0\text{mg/kg/hr}$

##### 4.4 置換液

PEに使用される置換液には, FFPやアルブミン製剤などがある. FFPを置換液に用いたPEの場合, 不足している凝固因子やアルブミンなどの有用物質が補充できる利点がある.

しかし, FFPは肝炎ウイルスやHIVウイルスなどによ

る感染症のリスクやアレルギー反応などの副作用があることを念頭において使用すべきである。また、FFP 40単位を用いてPEを施行した場合、その費用は約28万円かかり医療経済面からも慎重に選択すべきである。1993年日本アフェリシス学会の調査によると、調査開始当初の1983年は、置換液としてはFFPが多く使用されていたが、C型肝炎の発症を予防するなどの目的で1987年以降はFFPの使用量は減少しアルブミン製剤の使用量が増加している<sup>13)</sup>。

#### 4.5 blood access

通常PEを施行する場合、血液流量は50～100 mL/min程度で行うことが多いため、blood accessとしては正中皮静脈や大腿静脈などを直接穿刺して行うことも可能である。しかし重症患者に対する血液浄化法を施行する場合は、長期にわたり繰り返し体外循環による治療を行うため、安定した血液流量の確保と高い安全性が求められる。したがって長期治療の必要性が予測される症例や、小児の場合など血管の直接穿刺が困難な症例に対しては、blood access用カテーテルを大腿静脈、鎖骨下静脈あるいは内頸静脈に留置するカテーテル法がより安全で有用な方法と思われる。

#### 4.6 PEのセットアップ, rinsing, priming

PEを行うには、まず血漿分離器と血液回路のセットアップが必要である。血漿分離器はhollow fiberの内側と外側をrinsingしなければならない。通常我々は2Lの生理食塩液にヘパリン4000単位を加えたものを使い、1Lでhollow fiberの内側と血液回路内を、1Lでhollow fiberの外側と廃棄血漿側および置換液用回路内をrinsingしている。また、置換液にFFPを用いる場合には、FFP中の微小凝集物を除去する目的で置換液回路に白血球除去フィルターなどを取り付ける。Rinsingが終わったら、primingを行うが、通常はrinsingに使用した生理食塩液をそのまま残し、それをprimingとしている。また、患者の体重が10kg 以下の場合には、血液製剤などでprimingしている。

#### 4.7 PEの開始方法

まず、PEの脱血側回路と返血側回路をblood accessに接続し、20～30mL/min程度のゆっくりとした血液流量で体外循環を開始する。この時、血漿分離器は動脈側を下にしてhollow fiber内をむらなく血液を充填し徐々に血液流量を増加させていく。また、脱血側回路内に血液を流入させた時点で抗凝固剤のone shotを行う。体外循環を開始し血漿分離器および

血液回路内が患者血液で充たされたら血漿の分離を開始するが、溶血や血漿分離膜の目詰まりおよび濾過性能の経時的減少等を防ぐため、最初の10分程度は血漿分離を行わず血液のみを循環させなじませる。

#### 4.8 血液流量および血漿分離速度

血液流量は、患者の病態、循環動態、体重などにより異なるが、血液中の血漿の割合が約50～60%であり、血漿分離速度が血液流量の1/4～1/3に制限されることから、50～100mL/minを必要とする。

血漿分離は、hollow fiberの膜を通して、hollow fiber内を通過する血液中より分離する方法による。このため過度の血漿分離は、血漿分離膜の目詰まりや溶血等の原因となる。したがって膜間圧力差(transmembrane pressure:TMP)50～100mmHg以下(できれば50mmHg以下)で行うことや、血漿分離速度を血液流量の1/4～1/3程度で行うことで、血漿分離膜内部への赤血球や蛋白付着による濾過性能の経時的劣化を防止する必要がある。

#### 4.9 血漿交換量

一般的にはPEを行う場合、廃棄血漿量と同量の置換液を補充することが多いが、FFP中には抗凝固剤が含まれているため、FFP80mL中の実質の血漿量は73.6～74.4mL位となる。3200mLの血漿を交換した場合、同量置換では厳密には224～256mL位の血漿が不足してしまうことになる。また、PEは血漿の廃棄と補充を連続して同時に行うため、補充されたFFPを再廃棄してしまうことになる<sup>1), 2), 3)</sup>。いたずらに大量交換しても効果はあがらないことは自明の理ではあるが、体重の5%を血漿交換量とした場合、bilirubinの除去率は50%程度になり<sup>14)</sup>、これ以上大量に交換を行っても単位交換血漿当たりの効率は低下するので、我々は成人の平均plasma volumeである約3200mLを1回の交換量としている。

## 5. PEの副作用

PE施行による副作用には、置換液によるものや血漿分離器および装置などによるもの、あるいはそれらを操作する手技的な問題などを原因とするものがある。表2に1993年日本アフェリシス学会による副作用調査の結果を示す<sup>13)</sup>。報告件数の多い副作用には、低血圧、低蛋白血症、発熱・悪寒・戦慄、溶血、低カルシウム血症などの比較的軽度の副作用から、FFP

副作用	発生回数			
	1983年	1985年	1987年	1989年
低血圧	55(11.1)	48	148	143 (23.1)
低蛋白血症	21	21	46	98 (15.8)
発熱・悪寒・戦慄	48 (9.7)	31	92	75 (12.1)
低カルシウム血症	29	17	42	62 (10.0)
血小板減少	1	17		44
悪心・嘔吐	28	15	39	43
溶血	39 (7.9)	7	27	73 (11.8)
蕁麻疹・アレルギー反応	45 (9.1)	20	30	17
ハイポレミア	17	9	13	17
頻脈	12	9	10	16
貧血	2	10	18	13
低ガンマグロブリン血症	18	10	33	13
出血	14	10		12
頭痛・めまい	15	2	10	12
肝炎	51(10.3)	10	10	10
凝固系異常	10	5	11	7
心悸亢進	23	5		
感染	11	5		
知覚異常	11	5		
ハイパーレミア	11	3		
不整脈	7	3		
除脈	7	3		
低体温	7	3		
血栓	4	1		
低カリウム血症	4			
高血圧	2			
胸部不快感・狭心症	2			
その他	5	3	75	
報告施設数	126	82	113	239
合計件数	494	272	604	619

表2 副作用

で報告されている。また、副作用の件数が増加傾向を示していることから、PE施行中はこれらの副作用に十分注意を払うべきである。また、FFP中には図2に示すように高濃度のNaやcitrateが含まれているため<sup>1), 8)</sup>、高Na血症、代謝性アルカローシスをきたしたり、COPの低下による脳浮腫、肺水腫などを起こす可能性がある<sup>1), 2), 3)</sup>。これらの副作用に対する対策として、我々は、後述するごとくPEを持続的に施行しさらにCHDFを併用するCPE+CHDFを施行している。

### 6. CPE+CHDF 施行方法

我々は、PE施行時の大量に補充するFFPによる副作用に対処する目的で、また病因物質除去能を増加させることも企図して図3に示すようなCPEとCHDFを直列に接続しCPE+CHDFを施行している。この方法はPEで大量に補充されたFFP中に含まれる高濃度のNaやcitrateをCHDFで水分・電解質の補正を行い、さらには各種の病因物質をより効率よく除去できる<sup>1), 2), 3), 15)</sup>。

#### 6.1 装置

CPE+CHDFを施行するにはPEとCHDFが行える2台のベッドサイドコンソールが必要である。まずPEを行う装置であるが、PE専用ベッドサイドコンソールの多くは廃棄血漿と置換液用のポンプが二連となっているものが多く、この方法では血漿廃棄量と置換液量のバランス誤差がないという利点があるが、我々が行っている方法、すなわち血漿の補充量を廃棄量より多く設定することはできないことになる。そこで我々は、CHDF専用ベッドサイドコンソールを用いることで血漿廃棄量と置換液量の調整を可能としている。

次にCHDF用のベッドサイドコンソールであるが、重症患者が対象となるCHDFでは厳密な水分出納管理が要求される。また必要なポンプおよび監視機構が一体化・システム化されていること、小型で運転操作、取り扱いが容易なことなども求められる。以上の事項を満たすべく開発されたウベ循研社製JUN-500は、CHDF施行に必要な装置をすべて備えたベッドサイドコンソールで透析液、補充液、濾液などを流量計量機構にチャンバー計量方式を用いて、各ポンプ流量を容積計量することにより厳密な水分出納管理が可能な装置である<sup>16)</sup>。CPE+CHDF施行中の写真を図4に示す。

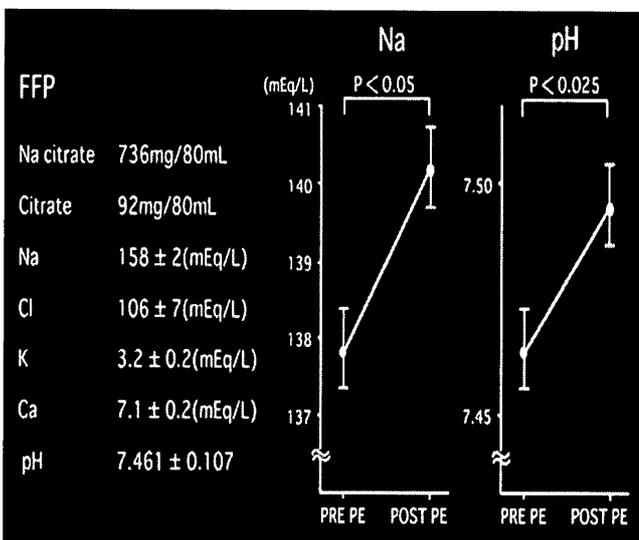


図2 新鮮凍結血漿中のクエン酸および電解質濃度とPEによる血中Na濃度およびpHの変化

作成時に肝炎ウイルスをスクリーニングするようになってから減少はしたものの肝炎などの重篤な副作用ま

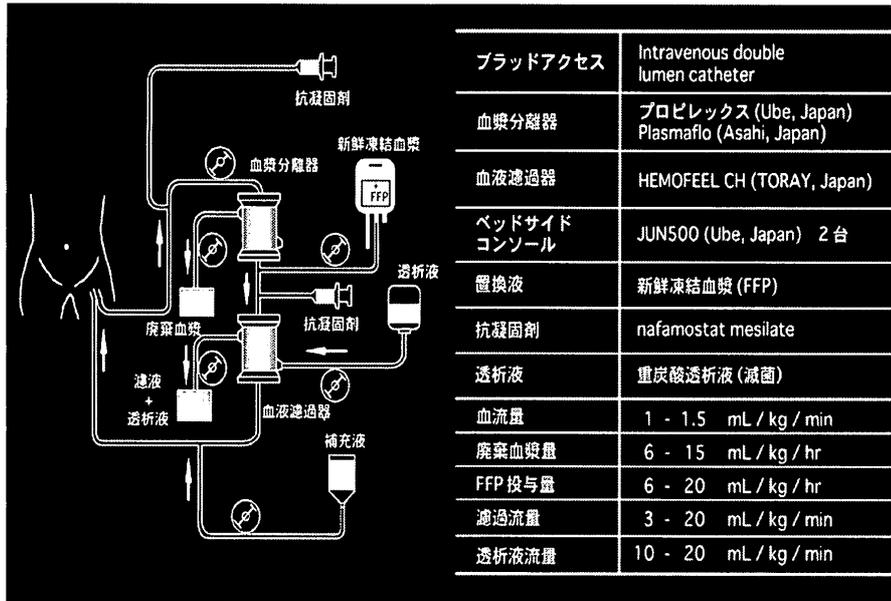


図3 CPE+CHDFのフローダイアグラム

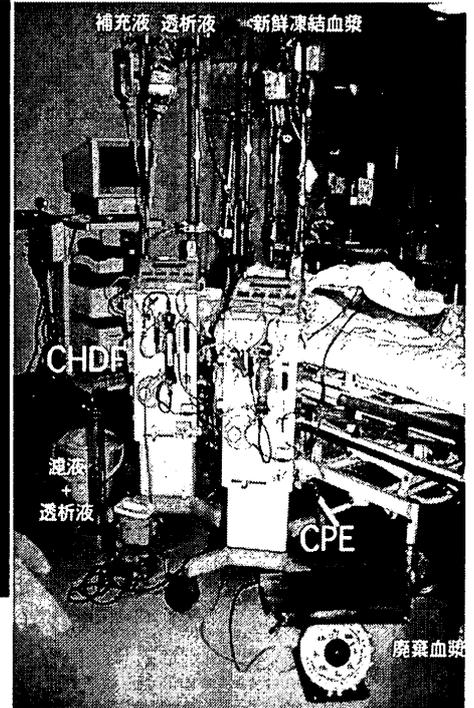


図4 CPE+CHDFの実際

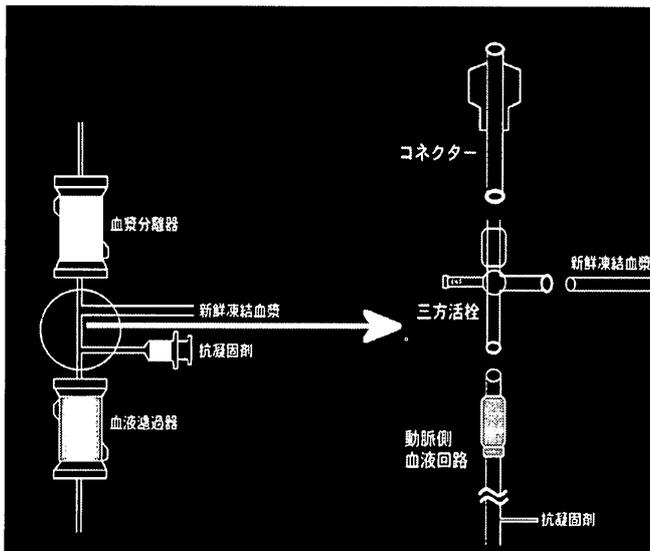


図5 血漿分離器と血液濾過器の接続

6.2 セットアップ, 洗浄, プライミング (図5)

PEのセットアップと異なるのは、血漿分離器の直後に、CHDFの血液回路を結ぶコネクターを取り付け、さらに三方活栓を取り付けた後、返血側血液回路が取り付けられるところである。このコネクターと三方活栓を取り付けておくことによりCPE終了後、速やかにCHDFを継続することが可能となる。そしてCPEとCHDFの2つの血液回路それぞれに対して、2000単位/1Lのヘパリン加生理食塩液2Lを用い、1Lで血液回路と

hemofilter内を、残りの1Lで濾液+透析液回路の洗浄を行う。洗浄が終了したところで、CPEの三方活栓以降の返血側血液回路を取り外し、この三方活栓のCHDFの脱血側血液回路を接続する。これによりCPEとCHDFは直列につながるようになる。通常は、洗浄に使用したヘパリン加生理食塩液をそのまま残し、これでプライミングとする。

6.3 CPE+CHDFの開始方法

PEの開始方法と同様にCPE脱血側回路とCHDF返血側回路をblood accessに接続し、20~30mL/min程度のゆっくりとした血液流量で体外循環を開始する。血液流量の制御はPE用ベッドサイドコンソールにある血液ポンプで行うため、CHDF用ベッドサイドコンソールの血液ポンプは作動させずに、血液ポンプ部回路もセットしない。またJUN-500をPE用のベッドサイドコンソールとして使用する場合の流量計量は、補液用は置換液、濾液用は廃棄血漿として計量する。その結果、透析液用計量部のディスプレイ計量チャンバーは使用しないためJUN-500の治療モードをCHFモードに変更しておく必要がある。抗凝固剤のone shotは、PE側血漿分離器とCHDF側のhemofilterのそれぞれの前で個々に行う。

6.4 血液流量

CPE+CHDFを施行する場合の血液流量は、PE同様に患者の病態、循環動態、体重などにより異なるが50~100mL/minで行う。

### 6.5 血漿分離速度

PE同様に、血液流量の1/4~1/3程度で行う。

### 6.6 置換液量

先に述べた置換液に用いるFFP中には、抗凝固目的に高濃度のNaやcitrateが含まれていることや、実血漿量も少なく、COPも低いいため廃棄血漿量と等量の補充量では、高Na血症、代謝性アルカローシス、COPの低下による脳浮腫、肺水腫などが起こりうる。このため血漿補充量を血漿廃棄量より多く設定し、その分をCHDFによる除水を増やすことにより血漿膠質浸透圧を急激に変化させない管理が可能となる。具体的には、廃棄血漿量を500mL/hrと設定した場合、補充血漿量は550~700mL/hrとし、COPの値に応じて補充速度を調節している<sup>2), 3)</sup>。

### 6.7 濾過流量

CPE+CHDF施行時の除水量は濾液ポンプでコントロールし返血側に患者の病態に応じた補充液を投与する。この補充液の質および量を調整することにより患者の水分・酸塩基平衡の補正が可能である。我々は、患者の循環動態に与える影響や、hemofilterの濾過流量の減少および血球成分に与える影響等を考慮に入れ、濾過流量はせいぜい300mL/hrまでとしている。またhemofilterは、各溶質やcytokine等のhumoral mediatorの除去効率等を考え選択すべきであり、我々はPMMA膜hemofilterを第1選択としている。

HemofilterはTMP150mmHgを越えた時点や血液回路内およびhemofilter内に凝血塊を認めたととき、一本のhemofilterを72時間以上連続使用した場合には溶血や濾過流量の減少を予防する目的で交換している<sup>17)</sup>。

### 6.8 透析液・透析液流量

CHDFに用いられるhemofilterは、HD用のdialyserに比べ膜孔径が大きいいためback filtrationによる透析液の血中への流入などを考えると滅菌済みの透析液を用いることが望ましい<sup>18)</sup>。現在、血液濾過用に市販されている補充液には、乳酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、重炭酸ナトリウムをアルカリ化剤とするものがあり、これをCHDF用透析液として転用している。また、重症患者に用いる透析液としては、代謝さらには循環動態に与える影響などが優れていることから重炭酸透析液を用いるべきである。また、透析液流量を増加

させた場合には、カテコラミン血中濃度の減少やアミノ酸などの有用物質およびnafamostat mesilateなどの抗凝固剤の損失が生じるため、これらの補充ないし投与量の増量も考慮に入れる必要がある。我々は、以上のことからCHDFに用いる透析液は、濾過型人工腎臓用補液サブラッド-Bを用い、患者の病態に応じ500~1000mL/hr程度で灌流している<sup>17)</sup>。

## 7. PE 施行による副作用とその出現率 (図 6)

PEの副作用として、高Na血症、代謝性アルカローシス、COPの急激な低下の3つの副作用の出現頻度を施行方法別に比較検討した。高Na血症、代謝性アルカローシスともにPE単独群で有意に出現率が高かった。COPの急激な変化はCPE+CHDF群では全くみられなかった。このようにCPE+CHDFを用いることにより、PE単独で施行するのに比べ、より安全に施行可能である。

## 8. PE 単独施行時の血中 Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の経日的変化 (図 7)

連日PEを施行した10症例の血中Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>経日的変化を図7に示すが、1回のPEで直ちに高Na血症、代謝性アルカローシスが出現するのではなく、PE単独施行を繰り返すことでNa<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の血中濃度が徐々に上昇し、PEとPEの間に投与されるFFPによる影響がさらに加わり、高Na血症、代謝性アルカローシスが増悪していくことが認められた。

## 9. CPE + high flow continuous hemodiafiltration (HFCHDF)

最後に、肝性昏睡が持続する劇症肝炎症例に対し、肝性昏睡起因物質のさらなる除去を目的として、透析液流量を間欠的血液透析と同量、すなわち通常のCHDFの約60倍の500mL/minとして施行しているCPE+HFCHDFのフローダイアグラムを図8に示す。CPE+CHDFと異なるのは個人用透析ベッドサイドコンソールが加わり、約60倍の透析液流量を可能にしたところである。透析液組成は図8に示すごとく、市販の人工腎臓用透析液キンダリーAF-2号を使用している。操作条件は、肝性昏睡起因物質の除去を目的としているためCPE+CHDFの施行条件に比べ高い設

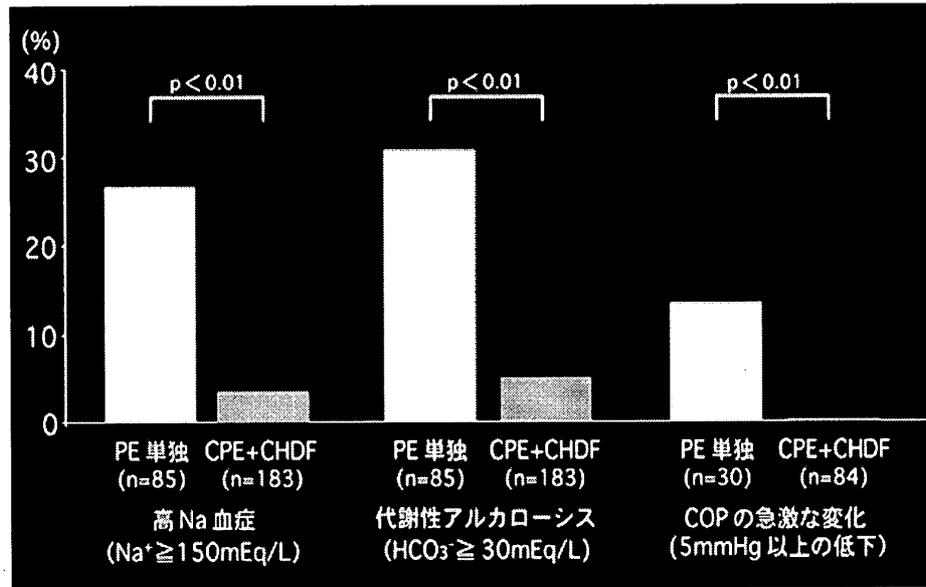


図6 PE施行による副作用とその出現率

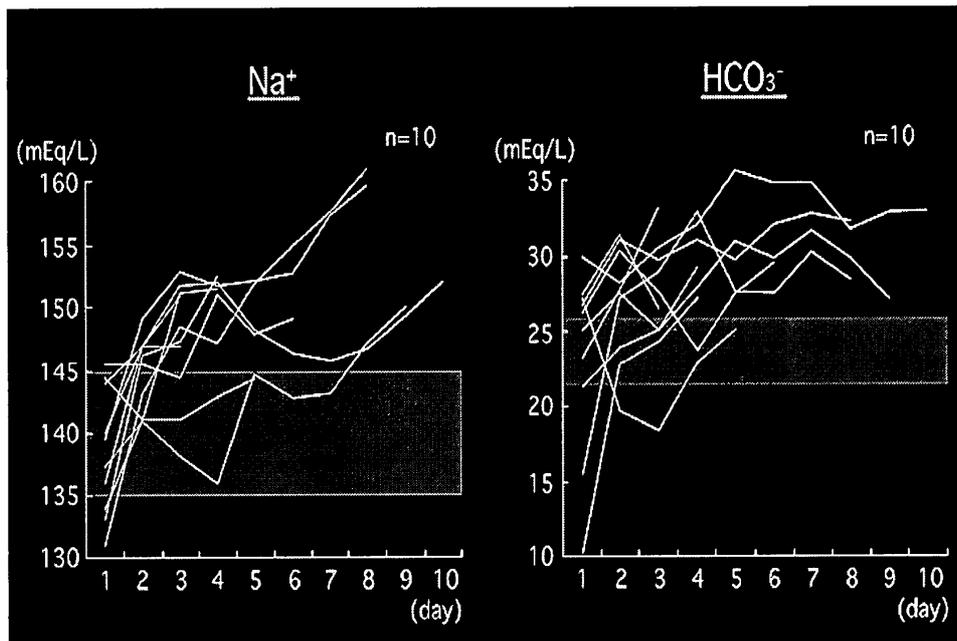


図7 PE単独施行時の血中Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の経日的変化

定としている。図9はCPE+HFCHDFを実際に施行しているところである。

### 10. まとめ

以上、PEやCPE+CHDFの施行方法および注意点を述べた。PEは非特異的に病因物質を除去する血

液浄化法で、他の血液浄化法に比べ分子量の大きい物質まで除去でき、有用物質を補充できる特徴がある。しかし、大量の補充液を用いることや医療経済面などの問題も残されている。また、PEはHDなどに比べ副作用の多い血液浄化法であることも念頭におき、その方法や理論および効果を十分理解し熟練した者が操作すべきである。

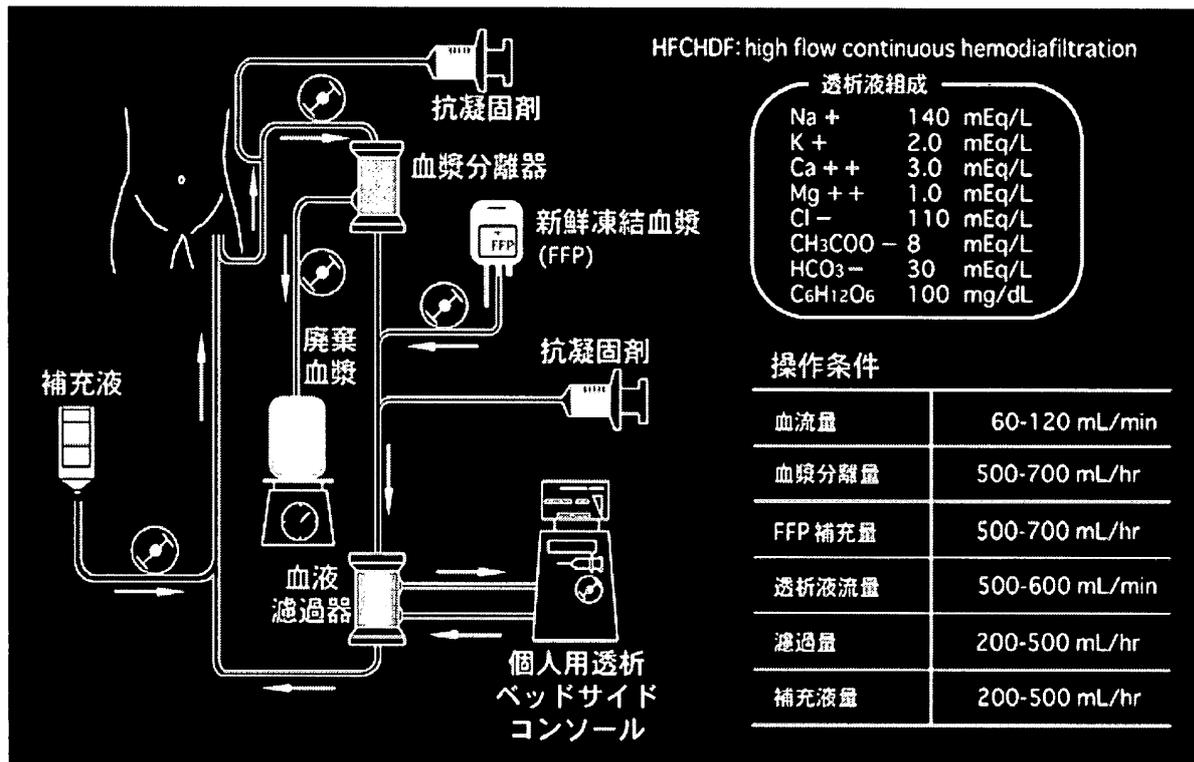


図8 CPE+HFCHDFのフローダイアグラム

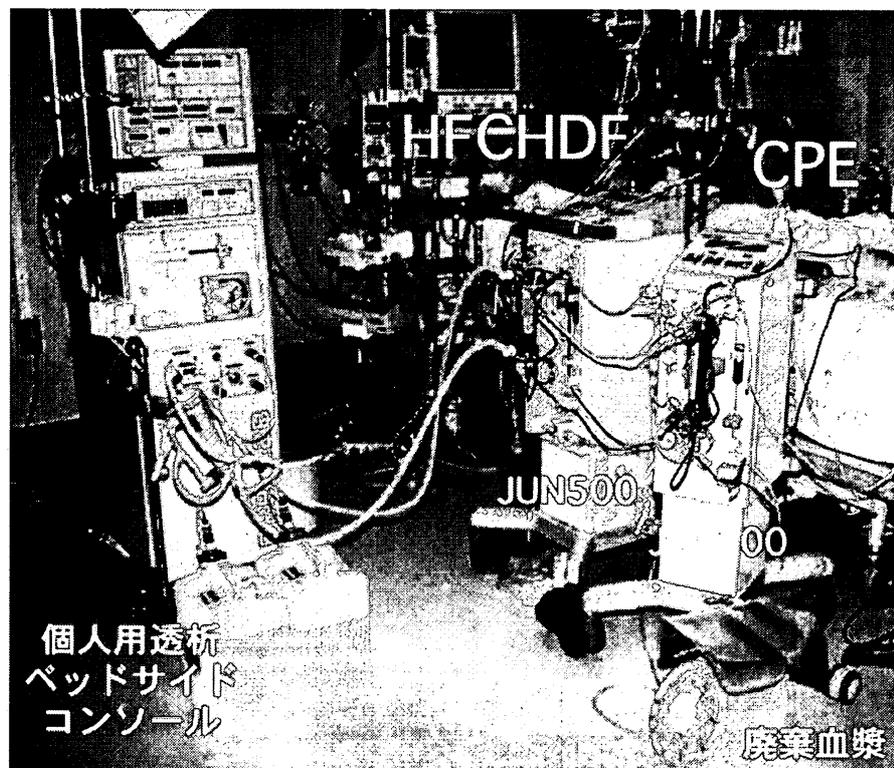


図9 CPE+HFCHDFの実際

## 文 献

- 1) 志賀英敏, 平澤博之: 血漿交換. 集中治療, 5; 639-646, 1993
- 2) 中西加寿也, 平澤博之, 菅井桂雄, 織田成人, 志賀英敏, 北村伸哉: 血漿交換装置, 集中治療とClinical Engineering, 機械操作のコツとトラブルシューティング. 渡辺敏編, 総合医学社, 東京, e203-e209. 1999
- 3) 貞広智仁, 平澤博之, 菅井桂雄, 織田成人, 志賀英敏, 松田兼一, 上野博一: Critical careにおける血漿交換の手技と適応救急医学, 22; 183- 189, 1998
- 4) 平澤博之, 菅井桂雄, 大竹喜雄, 織田成人, 志賀英敏, 松田兼一, 北村伸哉: 血漿交換とその適応, 集中治療, 3; 135-141, 1991
- 5) 高昌星, 井上敦: ギラン・バレー症候群の治療, CURRENT THERAPY ,14; 111-117, 1996
- 6) 松尾秀徳: 神経疾患における吸着材の臨床応用, 日本アフェレシス学会誌, 19; 96-100, 2000
- 7) 山路健, 津田裕士: 膠原病・リウマチ性疾患における吸着材の臨床応用, 日本アフェレシス学会誌, 19; 115-119, 2000
- 8) 平澤博之, 菅井桂雄, 大竹喜雄, 織田成人: 新しい血液浄化法, 集中治療2; 434-441, 1990
- 9) 松田兼一, 平澤博之, 菅井桂雄, 大竹喜雄, 織田成人, 志賀英敏, 北村伸哉, 小高通夫: 集中治療における持続的血液浄化法, 人工臓器20; 247-253, 1991
- 10) 末岡明伯, P.S.Malchesky, Y.Nose: 血漿分離膜の新規孔径評価法による膜構造と血漿分離性能との関係, 人工臓器13; 903- 906, 1984
- 11) 峰島三千男: 膜の種類と原理, アフェレシスマニュアル. 日本アフェレシス学会編, 秀潤社, 東京, 52-54, 1999
- 12) 山根慎滋, 小高通夫, 添田耕司, 平澤博之: 急性血液浄化法に必要な機器, 集中治療, 4; 1431-1447, 1992
- 13) 塩川優一: 日本におけるプラズマフェレシス(この10年の歩み), プラズマフェレシスマニュアル, 93, 日本アフェレシス学会編, 中外医学社, 東京, 1-12 1993
- 14) 平澤博之, 菅井桂雄, 大竹喜雄他: 急性肝不全におけるビリルビン値の変化とその意義, 臨床看護14; 706-710, 1988
- 15) 志賀英敏, 平澤博之: 小児血液浄化法の適応と実際. 集中治療, 11; 571-580, 1999
- 16) 松田兼一, 平澤博之, 星野敏彦: ベッドサイドコンソールおよびセットアップ, CHDFの理論と実際-原理・施行法編- 平澤博之の編, 総合医学社, 東京, 47-56, 1998
- 17) 松田兼一, 平澤博之, 平野剛: 至適操作条件, CHDFの理論と実際- 原理・施行法編-, 平澤博之の編, 総合医学社, 東京, 57- 67, 1998
- 18) 志賀英敏, 平澤博之, 平山信男: CHDFの理論と実際. 補充液と透析液. 集中治療 9; 341-347, 1997