

輸血用マイクロフィルター使用の適応

高折益彦*

はじめに

1961年 Swank¹⁾ は血液粘度を測定する目的でステンレススチール、 20μ のメッシュに ACD 保存血を 0.8 ml/sec の速度で通過させ、その時に生じる圧を測定した。すなわち screen filtration pressure を測定した。その時、彼は ACD 血の保存期間が長くなればなるほどこの圧が高くなり、あらかじめその血液をグラスウールで濾過しておいた場合はその圧が低下することを見とめた。そしてグラスウールの代わりに orlon, dacron, nylon, kodel polyester などの綿状フィルターを

用いても同様の効果がえられ、かつこれらのフィルターに正常血液成分と異なる微小異物が附着していることもみとめた。同様の発見は Künzel²⁾ によってもなされているが、一般の関心は低く、1969年に Moseley, Doty³⁾ が Swank 同様、保存血中に無構造 (amorphous) の微小異物が存在することを発表するまで注目を集めることはなかった。

しかし後に Swank⁴⁾, Cornell ら⁵⁾ が保存血輸血後の生体に、とくにその肺に明かな病的所見を発見し、これを発見するにおよんで保存血中での microaggregate の発生やその注入防止の方法な

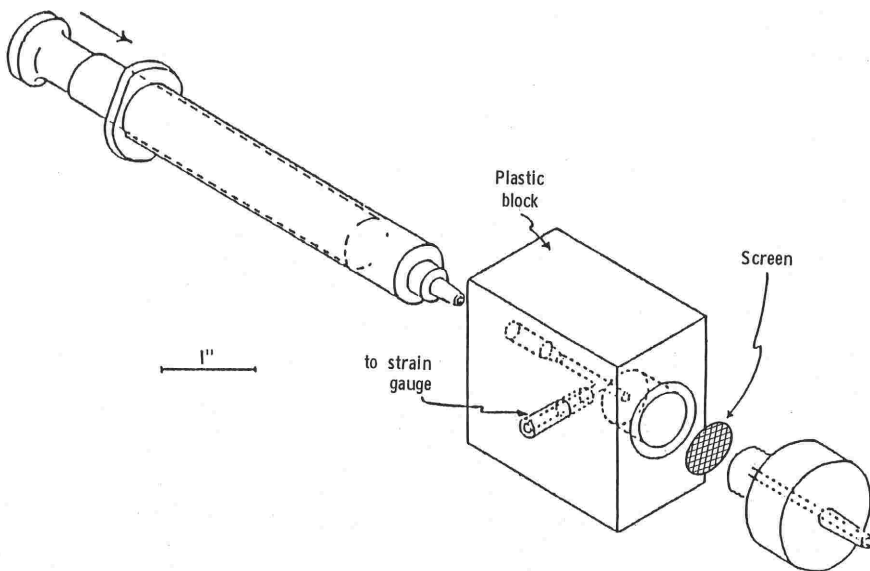


図1 Screen filtration pressure を測定する装置 (Swank による)¹⁾

*川崎医科大学麻酔科

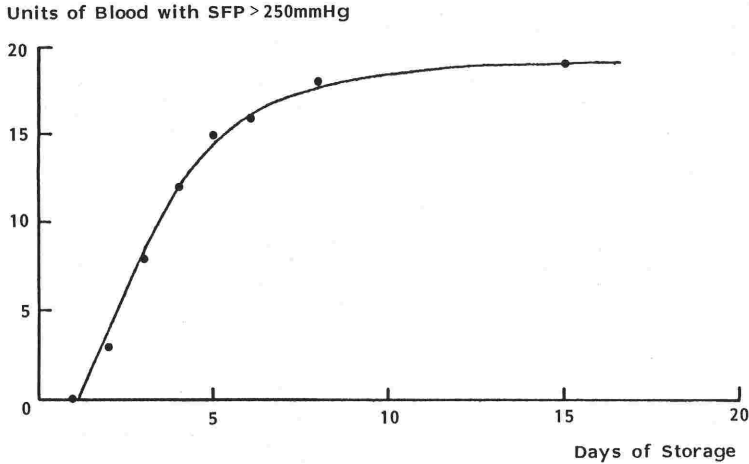


図2 ACD 血の保存日数とその血液の SFP (screen filtration pressure の変化)⁶⁾

ど盛んに研究されるようになった (図1)。

1. Microaggregate の発生

McNamara⁶⁾ は図2に示すように screen filtration pressure が 250 mmHg 以上を示す保存血の数は保存日数とともに増加し、とくに8日以後においては18/20 (90%) に達することを発表した。screen filtration pressure は microaggregate が screen に附着することによって上昇することは明らかであり、その程度は microaggregate の大きさ、数によって著しく変化する。

これに対して Mason ら⁷⁾ は Coulter Counter-model-T を用いて microaggregate のサイズとその分布を検索した。すなわち鼠から採血し、ヘパリン化した血液についてみると図3のごとく、32~40 μ 大の microaggregate が比較的多く存在しているものの、10 μ 以下の小さなものも、80 μ 以上の大きなものも存在することが示されている。しかしこのような分布のピークは保存時間の延長とともに次第に右方へ移行することがみとめられる。

一方、Gervin⁸⁾ は21日間、低温液状保存された ACD 血と CPD 血中の microaggregate の数と分布について検討している。microaggregate の総数においては ACD 血で $1,498 \pm 77 \times 10^3 / \text{mm}^3$ 、CPD 血で $1,474 \pm 77 \times 10^3 / \text{mm}^3$ と差をみとめないが CPD 血では 25 μ 以上のサイズの microaggregate が比較的多く存在していることがみとめられた (図4)。そしていずれの保存血群におい

ても 25 μ 以上のサイズではとくにいずれのサイズに多いとも決定し難く、20 μ 以下のサイズのものは明かにその数が減少することがみとめられた。

これに反して Marshall ら⁹⁾ は 4°C に21日間保存された CPD 血の場合、60%以上が 25 μ 以下のサイズの microaggregate によって占められ、

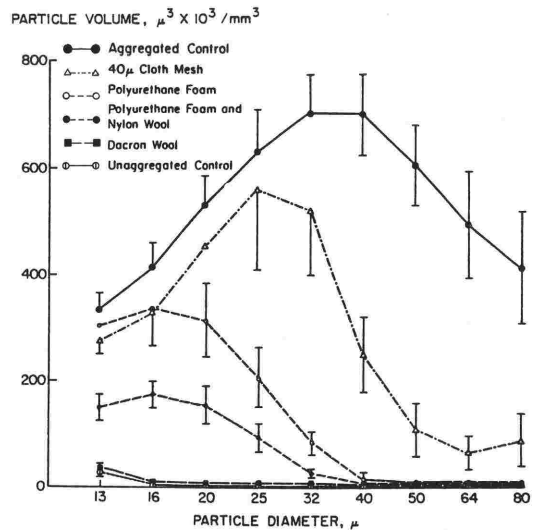


図3 血液中に発生する debris (microaggregate) の大きさ、その分布、およびこの血液を各種マイクロフィルタに通した時の各サイズの debris の遺残量⁷⁾。この研究では debris のサイズが 32~40 μ に多い結果をえている。

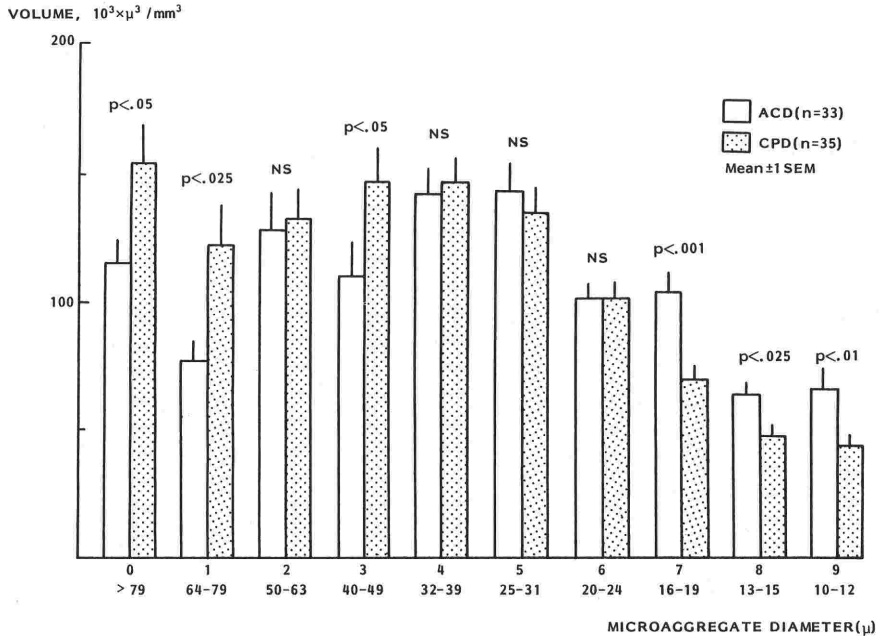


図4 debris サイズ別の保存血中の分布⁸⁾.
このデータでも 25~50 μ の大きさのものところに分布率が高い。

25 μ 以上のものはその大きさの増加とともに著しく少なくなっていたと発表している。そして 500 ml の全血中には 90 mg の microaggregate が含まれていたと発表している。いずれにしても両研究の条件の差から異った結果を生じ、microaggregate のサイズ分布についてはなお決定されていない。

このような microaggregate を構成する成分については一般に崩壊途上にある血小板を核として、これに白血球成分、フィブリノーゲンが抱合されていると考えられている。

Reynolds, Simon¹⁰⁾ は光散乱光度法を用いて保存血中に発生する microaggregate の量を測定し、種々の血液製剤中における発生量を比較検討した。それによると全血中における microaggregate 量は保存期間にほぼ比例して直線的に増加した。しかし血小板、白血球をあらかじめ除いておくとその発生が抑制され、保存21日目では全血の約1/4量の microaggregate の発生しか見られなかった。そして血小板のみを除いた場合はこれの2倍の発生量をもとめた。

濃厚赤血球液の場合はほぼ全血と同等量の microaggregate の発生をみる。クレオプレシビ

テートのみを除いた場合には少なくとも保存期間5日間では発生量が少なく、8日目に至って全血中での発生を上廻る発生を示し、21日までその状態が持続することがみとめられている。すなわち microaggregate を構成する成分は確かに血小板を中心とするものの、それ以外に血漿中の固形成分、溶解蛋白成分がきわめて複雑に関与していることが理解され、この点についても今後明らかにされなければならない。

以上、小括してみるに、

- 1) microaggregate は保存開始時、あるいは採血時から存在する。
- 2) 経時的にその大きさは大となる傾向にあると思われるが著しいとは言えない。
- 3) 構成には血小板がもっとも大きく関与しているが、その他の血液成分も複雑に関与しあっている。

2. 輸血とともに注入される microaggregate の生体への影響

古くから大量輸血にともない肺合併症が発生し易いことは一般にみとめられていたし、かつてのベトナム戦争以来問題となった adult respiratory

distress syndrome (ARDS) は別名 “post-transfusion lung” なる名称も冠せられた。Swank ら⁴⁾ はすでに1970年、輸血後生じる肺病変について報告しているが、1973年には動物実験で 4°C に保存された自己血を約 20 ml/kg 量注入し、肺毛細血管腔が cytoplasmic fragment が結合し合ったような形質で閉塞され、そのため肺の I 型上皮細胞と毛細血管内皮細胞とが変性を来した変化をみとめた。

同様の変化はその後 Dhurandhar¹¹⁾¹²⁾, Reul ら¹³⁾ によっても認められた (図5)。

このような病理組織学的変化が肺循環、肺換気能に影響を及ぼすことは想像に難しくなく、1975年 Bischel ら¹⁴⁾ は血液透析を行っている患者において透析時間が長くなるにしたがって彼等の P_{aO_2} が低下することをみとめ、体外回路からの血液が患者血管内に入る部分にグロンウールフィルター (Finesse), ポリウレタンホームフィルター (Bentley) を着装し、上記 P_{aO_2} の低下が防止されることを報告した。しかし P_{aCO_2} には変化がなかったと報告している。

一方 Reul ら¹³⁾ の報告でも外傷患者に対する輸血の場合に 170 μ メッシュよりも目の細い輸血用フィルター、いわゆる輸血用マイクロフィルターを使用することによって輸血後低酸素血症の発生を著しく防ぎえたと報告した。すなわち無使用群では17例中7例で低酸素血症が発生し、しかもその中の3例が死亡しているのに対して、マイクロフィルターを使用した場合は27例中2例に低酸素血症例をみとめ、1例の死亡例もみとめなかった。

Marshall ら¹⁵⁾ は大量の保存血輸血後における肺機能変化を動物実験を用いて研究した。その結果、肺動脈圧に有意な上昇がみとめられたが、肺生理学的シャント、肺死腔換気率、肺換気/血流比には著変がみとめられなかった。肺動脈圧は出血により低下し、輸血によって循環血液量を正常に回復させると正常以上に上昇する、いわゆる rebound 現象が一般にみとめられているので¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、これがとくに保存血に特異な現象とはいえない(ただしこのような肺動脈圧の上記文献¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾ が指摘する循環血液の分布異常、すなわち乏血後に輸血を行うと、その血液は centralization を発生するというのみによって肺動脈圧が上昇するばかりか保存血の酸性度、すなわち保

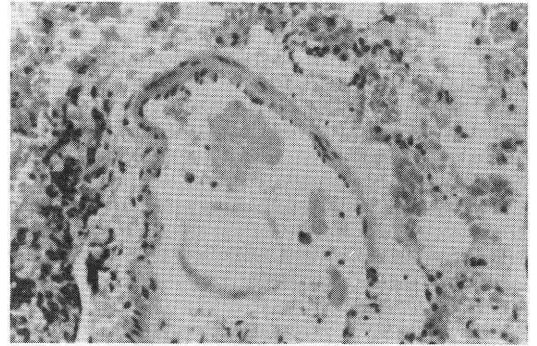


図5 肺微小血管内にみとめられた無構造物¹³⁾。

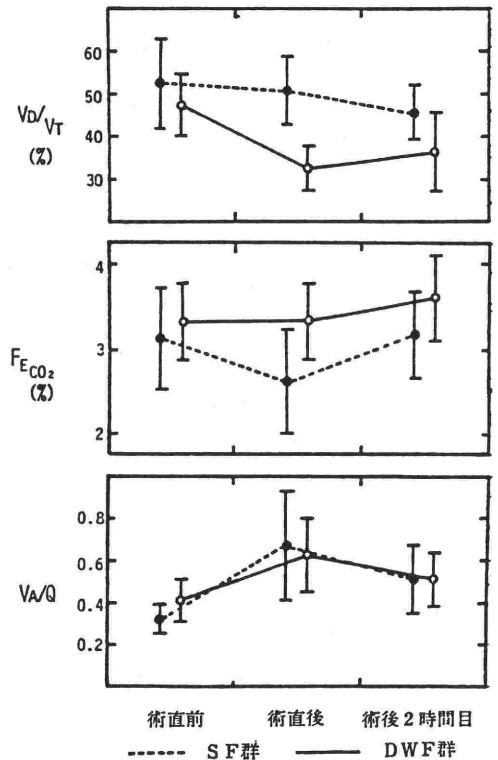


図6 Swank filter と標準輸血フィルターを用いたときの肺機能変化²²⁾。

V_A/Q に変化はみとめていないが V_D/V_T に有意差をみとめる。しかし、それは手術直後であって、その2時間後には変化をみとめない。

存血輸血にともなう一過性のアシドーシスの影響¹⁹⁾²⁰⁾ も関与している)。そしてこの際には肺生理学的シャントが10~22%増加することもみとめられている²¹⁾。

一方、中條、高折ら²²⁾ は 1,000 ml 以上の

ACD 保存血輸血症例において、1群には 170 μ メッシュの一般輸血用フィルターを使用し、他の1群にはグクロンウールフィルター (Swank filter) を使用し輸血後の肺機能について研究した。その結果 Barrett²¹⁾ が指摘するような肺生理学的シャント、 P_{aO_2} の低下はみとめられず、唯一の変化として一般輸血用フィルターを使用した群において肺生理学的死腔の増加をみとめた。しかしこの変化も一時的で輸血終了2時間以内に両群間に差をみとめなくなった (図6)。同様の成績は Snyder ら²³⁾ が 1500~1800 ml の輸血を行った臨床症例にてみとめているが、彼等の場合、 P_{aCO_2} にも変化をみとめなかったと報告している。

一方、Johnson, Gibbs²⁴⁾ は羊での研究で標準輸血用フィルターと Bentley PP-127 マイクロフィルターとを比較検討したところいかなる肺生理学的変化もみとめなかった。また Snyder²⁵⁾ が体外循環使用大動脈-冠動脈バイパス手術患者50例にて標準輸血用フィルターと Interface 836-10 のマイクロフィルターとを比較検討したが各種生理学諸因子に差をみとめなかったと報告している。そして彼は輸血された血液中に microaggregate が存在していて、それによって肺に微小血栓症が生じていたであろうことは否定しないが、オプソ

ニン効果を有するフィブロンネクチンの作用によって肺血管床からこの微小血栓が浄化されたため、ある1時期以外を除いては肺換気機能に異常をみとめなかったのであろうと推察した。著者もこの推察に対して同意するものであり、中條、高折の研究においても輸血は急速に行われ、そしてその直後において生理学的死腔量が測定された時には変化をみとめ、2時間後には変化をみとめなくなったことからその妥当性がみとめられよう。

しかしもしフィブロンネクチンの血中レベルが低下しているような状態、たとえばある種のショック状態、悪性腫瘍保有患者では肺機能障害が導入される可能性が強いと Niehaus²⁶⁾ は述べていて、中條、高折らの研究が主として子宮癌患者を対象としていたこともその一因と考えられよう。そして同時に FDP 値の上昇、ユーグロブリン溶解時間の延長がみとめられたことから肺に微小血栓症が存在していたことは否定されえない。

Gray²⁷⁾ は彼の綜説の中で、(1)肺血栓によって血管が閉塞されるとその領域肺胞内の炭酸ガス分圧がほぼ0となり、(2)気管支収縮を来し、さらに血栓から遊離された気管支収縮物質 (leucotriene?) がこれを助長し、逆に死腔換気量減少の方向に作用する。(3)次に血管性シャントが

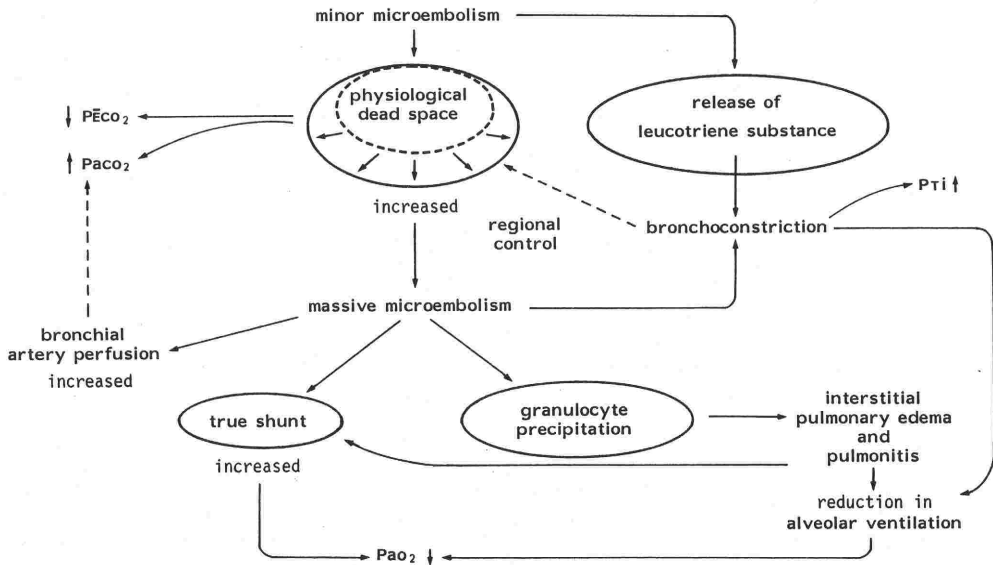


図7 肺微小血栓症にともなう肺機能変化のモデル。
文献27)を中心に著者の考察を加えて作製したもの。
minor, massive の差異に注意

開通し P_{aO_2} の低下を来しうる。そしてさらに血栓の数が増加すると、(4)血管性シャント量が増加して P_{aO_2} の低下、 $A-aDO_2$ の増加がもたらされる。最後に、(5)気管支動脈系と肺動脈系との間にシャントを生じ P_{aCO_2} と end-tidal CO_2 との差は正常になると述べている。

輸血にともなう肺微小血栓症では血栓の数が少ないので、いわゆる massive microembolism とは異なる病態を示してくる²⁸⁾。

これらの一連の肺機能変化を模式化すると図7のごとく表わされる。

以上小括すると

- (1) 肺微小血栓症は保存血の輸血によって発生する。
- (2) その発生によってみとめられる生理学的変化は肺生理学的死腔の増加であるが、それは一般には比較的短時間しか存在しない。
- (3) この微小血栓の浄化にはフィブロネクチンが関与するらしい。

3. 微小血栓症発生の予防と防止

1) 保存血内における microaggregate 産生の抑制

この目的のためには以下の2法が考えられる。

- (1) 保存用血液採取の時点で各血液成分に分離

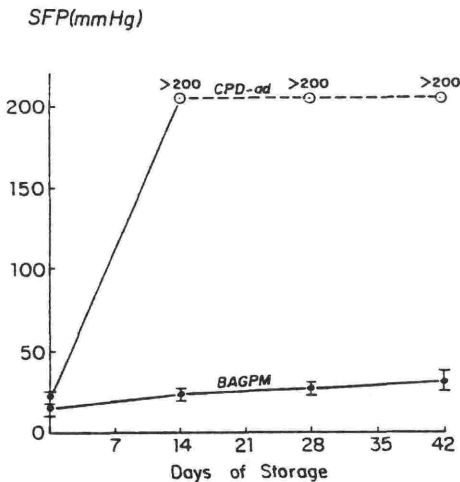


図8 BAGPM 保存液使用にともなう保存血 SFP (screen filtration pressure) 変化の抑制²⁹⁾。CPD-ad……CPD 液に adenine のみを加えたもの

する。

- (2) Microaggregate が発生し難い保存液を使用する。

Raynolds¹⁰⁾ の研究に示されるごとく保存血に含まれる血小板がもつとも microaggregate の発生に関与しているゆえに血液保存開始時に血小板を除去することが要求される。濃厚赤血球液ではなおその中に多くの血小板を含有しているので洗滌赤血球であることが望ましい。

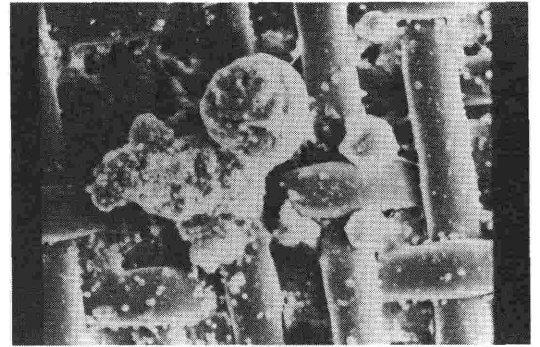


図9 Pall フィルターに捕捉された debris, 保存血3単位濾過後³⁰⁾。

SCREEN FILTRATION PRESSURE, % of control

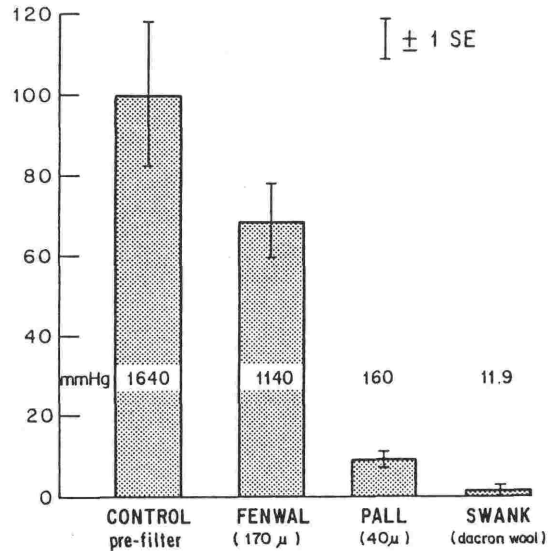


図10 Pall, Swank マイクロフィルター使用にともなう SFP* の変化を標準輸血フィルターと比較した結果³¹⁾。

* SFP:screen filtration pressure

Microaggregate が発生しないような保存液についてはなお十分な進展がえられていないが Chillar²⁹⁾ が提唱した BAGPM 液 (bicarbonate, adenine, glucose, phosphate, mannitol) などとその例といえよう。これでは CPD 液に adenine を添加した場合に比して明かに screen filtration pressure の上昇を抑制, すなわち microaggregate 産生の抑制がみとめられている (図 8)。

2) Microaggregate の血管内注入の防止

もつとも臨時的, かつもつとも使用されやすい方法として microfilter の使用がある。1972年 Goldiner, Howland³⁰⁾ が Ultipor (Pall) フィルターを用い患者への輸血を行っている。そして図 9 に示すように screen フィルターの上に捕捉された microaggregate の写真を示した。そしてその後 McNamara³¹⁾, Solis³²⁾ らの報告も行われた。そしてこれらの報告はすべてマイクロフィルターを用いて血液濾過することにより血液中の microaggregate の量を減少させるが, なお少量 microaggregate がフィルターを通過していることを示した。図10は Culle Ferrara³³⁾ によって示された標準輸血用フィルター, マイクロフィルターを用いて microaggregate 除去したときの

screen filtration pressure 低下の状態であり, Swank フィルターの使用により screen filtration pressure の低下, すなわち microaggregate の減少が示されている。また Gervin⁸⁾ は図11に示すごとく, 各種マイクロフィルターがいかなるサイズの microaggregate を効率よく捕捉するか示した。ここに示されるようにポリウレタン, ナイロン製のフィルターで 10~12 μ のものの約50%を, ダクロンウール製のものでは 8~9 μ のものの約50%を除去することがみとめられる。

同様の結果は Mason⁷⁾ によっても報告され, Marshall ら⁹⁾ は Ultipor フィルターでは捕捉能が低いと報告している。

これらの輸血用マイクロフィルターは表1のごとく分類される。すなわち基本的に surface 型 (mesh 型) と depth 型 (absorption 型) の2型である。surface 型で代表されるものに Pall フィルターがあり, depth 型には wool 型, sponge 型の2型があり, それぞれ Swank フィルター, Fenwal フィルターによって代表される。

Surface 型では一定の目の広さに統一することができるが, depth 型では目の広さには大小の差があり統一することができない。

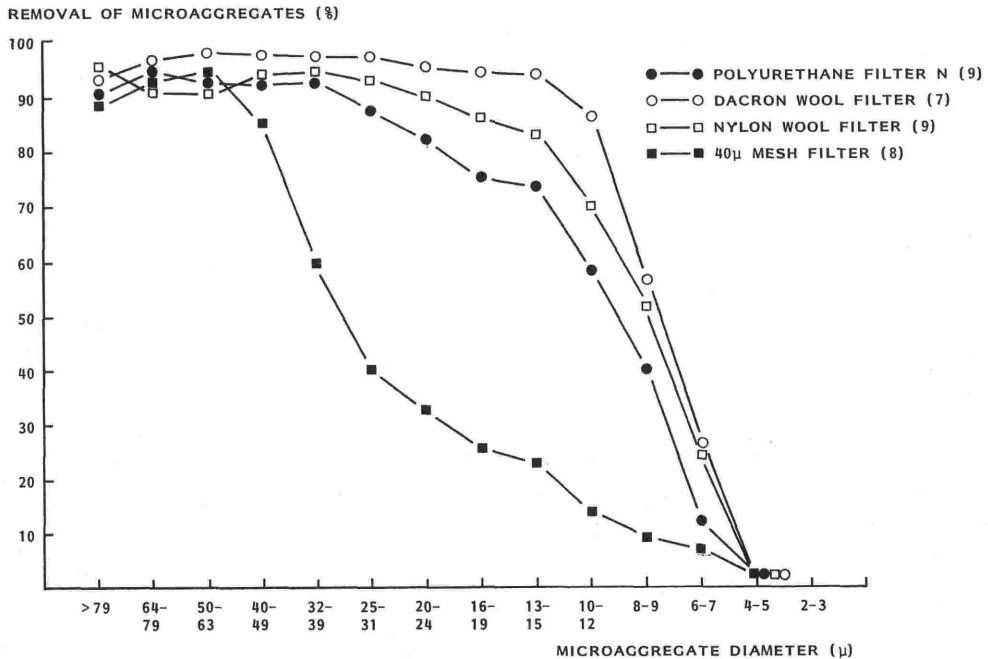


図 11 各種マイクロフィルターを使用したときに CPD 血中の debris を除去する効果の比較. とくに種々のサイズの debris のサイズについての検討⁸⁾.

表1 輸血用マイクロフィルターの分類と両者の比較

	surface (screen)	depth
mechanism	mechanical separation	adsorptive and plus slight mechanical separation
structure	mesh	wool or foam
pore size	defined precisely (gradually smaller)	widespread
filtration area	small (Pall=470 cm ²)	large up to 20,000 cm ²
uniformity	high	low
contamination	low	high (structure material)
capture of unloading particles	impossible	possible
channeling and unloading	frequent	less frequent

Surface 型では表面に microaggregate が1層になって附着すると著しく濾過速度が低下する。一方 depth 型では screen 型に比して濾過速度は使用開始時から低く、そのかわり大量の microaggregate を吸着しうるし、その時にも濾過速度に著しい差を生じない。図12～図14は各種マイクロフィルターの微細構造である。そして surface 型と depth 型とを組合せたタイプのものとして

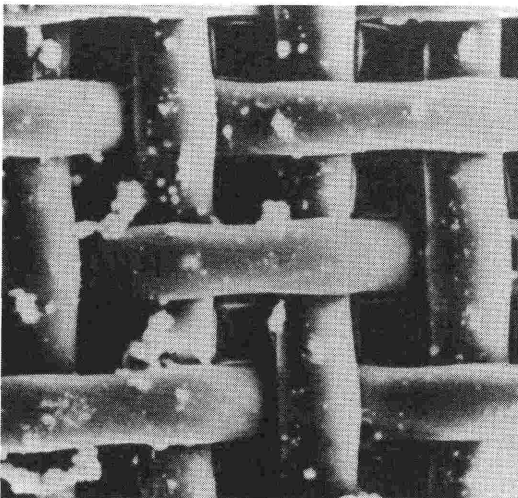


図12 Surface type (スクリーン型) マイクロフィルター—Pall filter—の構造³⁰⁾。
この写真はすでに1単位の血液を濾過しているためスクリーンに debris が捕促されている。

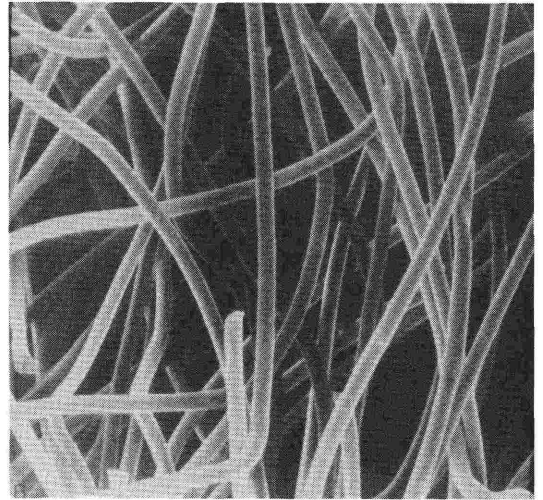


図13 デプス型マイクロフィルター内のファイバー (Fenwal filter)。
いわゆる wool-type といわれるものの一例。Guidoin, R., Domurado, D., Poignant, S., Gosselin, C. & Awad, J.: Stored blood microfiltration Res. exp. Med. 171:129-139, 1977 より引用。

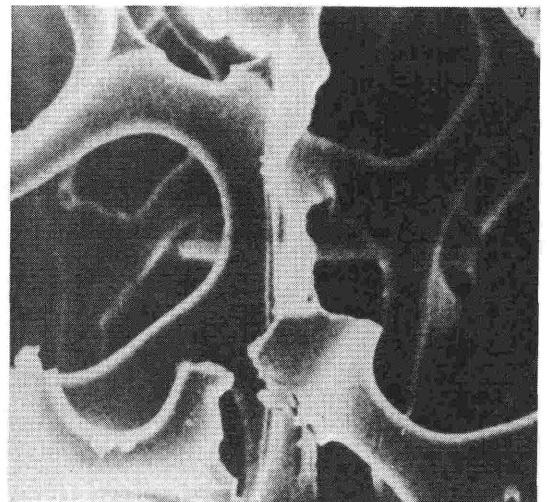


図14 デプス型マイクロフィルター内のスポンジ (Fenwal filter)。
いわゆる sponge type (foam type) といわれるものの1例。Guidoin, R., Domurado, D., Poignant, C., Gosselin, C. & Awad, J.: Stored blood microfiltration Res. exp. Med 171:129-139, 1977 より引用

表2 各種マイクロフィルターの比較

filter	type	pore size (μ)	priming volume (ml)	filtration speed (ml/min)
Pall	screen	40	20	2.5
Swank	depth (wool)	16~20	70	17.5
Fenwal	depth (fiber)	20	60	20
Pediatric Fenwal 4C-2428	depth (fiber)	20	9	20
Bentley	depth (sponge)	20~60~265	35	25
Hema (Interface)	screen + depth (fiber)	20~50~90	60	—
Johnson & Johnson (Intersept)	screen + depth (wool)	?	85	20.7
Terumo	screen + depth (fiber)	20~200	90	—

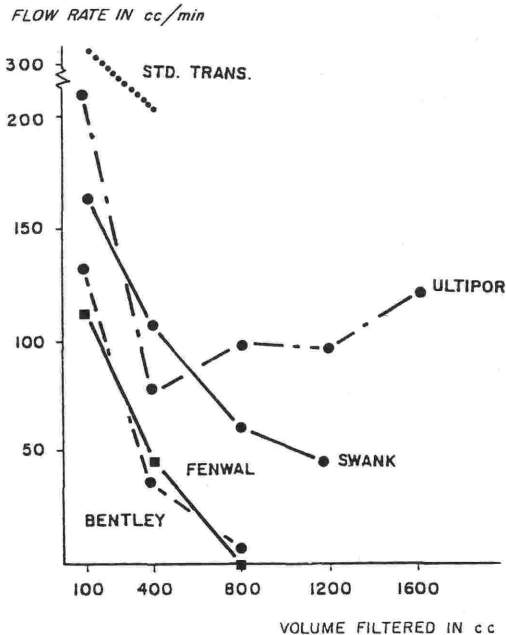


図15 保存血濾過量増加にともなう各種マイクロフィルターの濾過速度変化。保存血を輸血セットを用いて自然落下させ、その通過血液量と通過流量との関係を見る。文献34)より。

ものを捕促するようになっている。表2は現在市場で入手しうる各種マイクロフィルターの性能比較表である。

濾過速度はいわゆる“目づまり”を起してくると低下することは上述したが、その程度は各種フィルターによって異っている(図15)。

一方、陰圧(もしくは加圧)によって血液も各種フィルターにて濾過した場合、Bentley, Fenwal とともに 1,600 ml まで濾過が可能であり、Swank フィルターではこの時点でなお開始時の50%程度の流量減少にとどまっていた。

なおこのような圧を用いた濾過の際の microaggregate の捕捉効果は Swank, Fenwal, Bentley では 1,600 ml の濾過でも効力に変化をみとめなかったが、Ultipor (Pall) では低下がみとめられた。

なおこのような圧による濾過にともない、すなわち非常に高速度でフィルター内を赤血球が通過する際赤血球の破壊が発生しないか懸念される。一般的な感覚からすればそうあるものと思われるが Schmidt³⁵⁾ がステンレス製 30×60 μ メッシュのフィルターを用いた際にはむしろ逆の結果、すなわち 100 ml/hr (1~2 ml/min) 以下の速度で溶血が著しくなり、これ以上の速度では溶血はわずかながら減少することを見とめた。最近われわれは Swank, Pall 2種のフィルターを用いて 100 ml/min の流量で血液への影響を検討した。

それによると Schmidt の成績とは逆に高流量になると溶血が生じ易い傾向がみとめられたが、上記流量の範囲では有意な変化とは確定しえな

Interface, Intersept, Terumo フィルターがある。

Pall フィルターのように1層の screen では microaggregate の捕捉量に制限を受けるので Bentley フィルターでは3層のフィルターを用い、第1層で 265 μ , 第2層で 60 μ , 第3層で 20 μ の

った。

4. マイクロフィルター使用にともなうその他の利点

発熱反応の減少

Snyder ら³⁶⁾ は顆粒球の吸着について研究している。すなわち一般に保存血中に含まれる白血球

は何ら治療上の利用度がなく、むしろ種々の免疫反応を発生させる弊害を有する。したがって理想的には白血球を除去して輸血されるべきである。Snyder らの研究によると表3のごとく screen 型のフィルターによる顆粒球の除去は極めて悪く、ほとんど除去されないという状態にある。これに対して depth 型では38% (Sorenson) から80%

表3 各種マイクロフィルターによる顆粒球除去効率³⁶⁾
Effect of Filtration of Granulocyte Concentrates Through Microaggregate Blood Filters

	n	Method Control	Prefiltration Control	Filter Type*					
				Screen		Depth			
				170 μm	Pall 40 μm	Fenwal 20 μm	Sorenson 20 μm	Interface 20 μm	Bentley 20 μm
Granulocyterecovery (%)†	8	—	—	97±3	99±6	40±4 [§]	38±5 [§]	70±4 [§]	80±6 [§]
Post-elution granulocyte recovery (%)‡	7	—	—	96±4	94±6	23±3	26±4	46±3	56±3
Muramidase (μg/ml)	8	—	7.2±.3	7.1±.8	6.9±.7	6.5±.7	6.6±.7	6.7±.7	6.8±.9
Viability (%)	8	96±1	96±1	94±1	95±1	95±1	95±1	94±1	96±1
Motility (%)	8	46±2	44±2	45±2	44±2	47±1	46±1	46±2	45±2
Phagocytosis (%)	6	17±2	16±2	16±2	16±2	14±2	13±2	16±2	16±2
H ₂ O ₂ -PMA (nm/minute)¶	7	1.8±.1	1.8±.2	2.0±.2	2.4±.4	1.9±.2	1.8±.1	2.2±.2	1.9±.1
H ₂ O ₂ -Staph (nm/minute)¶	6	0.5±.1	0.8±.4	1.0±.4	1.2±.4	1.0±.4	1.0±.4	1.2±.3	1.0±.4
Bactericidal activity									
% killing at 20 minutes	5	85±1	90±3	90±2	90±3	—	—	—	—
% killing at 60 minutes	5	99±.1	99±.2	99±.2	99±.2	—	—	—	—

* All values shown are mean±SEM

† % granulocyte recovery based on prefiltration levels

‡ see text for method of calculation

§ p<0.05 when compared to 170 μm standard filter

¶ Maximal rate of H₂O₂ production in nanomoles/minutes/2.5×10⁶ PMN

表4 マイクロフィルター使用にともなう発熱反応発生率の変化⁴⁷⁾
Febrile Reactions Following Total LPB Units Administered

LPB Method	No. of Patients	Units of LPB Given		Reactions	Patient Reaction Rate (PRR)	Unit Reaction Rate (URR)
		Total NO.	Mean NO.			
S & F	310	2,329	7.51	11	3.55%	0.47%
IS	380	3,551	9.34	18	4.74%	0.51%
BCP	535	4,529	8.47	64	11.96%	1.41%
FRBC	371	4,152	11.19	7	1.89%	0.17%
Total	1,596*	14,561		100		

* 1283 individual patients, 235 of whom were counted two or more times

LPB : leukocyte-poor blood.

S & F : spin and filter

IS : invert spin

BCP : buffy coat-poor

FRBC : deglycerolized frozen red blood

(Bentley) までの変動はあるものの顆粒球の吸着、除去という点においては優れている。これには反論もあり Wenz³⁷⁾ は screen フィルター, depth フィルターに差はないと述べている。そして Schned, Silver³⁸⁾ は計1,596名の患者に14,561単位の輸血を行い発熱反応の頻度を調査した。その結果表4のごとくマイクロフィルターを使用することによって著しく発熱反応が抑制されることがみとめられた。そして他の研究者³⁹⁾⁴⁰⁾ も輸血にともなう発熱反応排除にマイクロフィルターを使用することを推薦している。

5. マイクロフィルター使用の欠点

1) 血小板の吸着

Dunbar⁴¹⁾ はすでに1974年にこれらマイクロフィルターによって血小板が捕捉されることを報告し, Snyder ら⁴²⁾ は図16のごとく Swank フィルターと Fenwal フィルターとが新鮮血中から50%の血小板を除去することを発表した。

新鮮血にも microaggregate が存在することはすでに述べたが, 新鮮血を輸血する目的には血小板の同時輸液を望んでいる場合が多い。したがってこのような場合にはジレンマに陥る。幸い Pall フィルターを使用した時には血小板の減少率は10

%にとどまるという。したがってこの場合にはこのような screen 型フィルターの使用が薦められる。

2) マイクロフィルターの経済性

マイクロフィルターは標準輸血用フィルター(170 μ mesh) の10~20倍の価格で販売されている。したがって医療費節減の面から決して望むべき状態にない。さらに1つのマイクロフィルターは 1,000~2,000 ml の輸血に対して用いられるもので、2,000 ml の輸血量に達した時には新しいものと交換しなければならない。

むしろ標準輸血用フィルターも 3,000 ml の輸血について新しくする必要があるが、単価における差が大きく影響してくることは明らかである。

3) マイクロフィルター使用開始時の不便さ

マイクロフィルターの効率を高めるためにはフィルター室内が完全に血液で充填されていなければならない。したがってその使用開始時には生理食塩水にて完全に充填して輸血用血液に接続しなければならない。しかしマイクロフィルターを使用しなければならないような時、すなわち大量輸血時には充填に必要な時間に乏しく、不便となることが多い。すなわちフィルター室内の priming

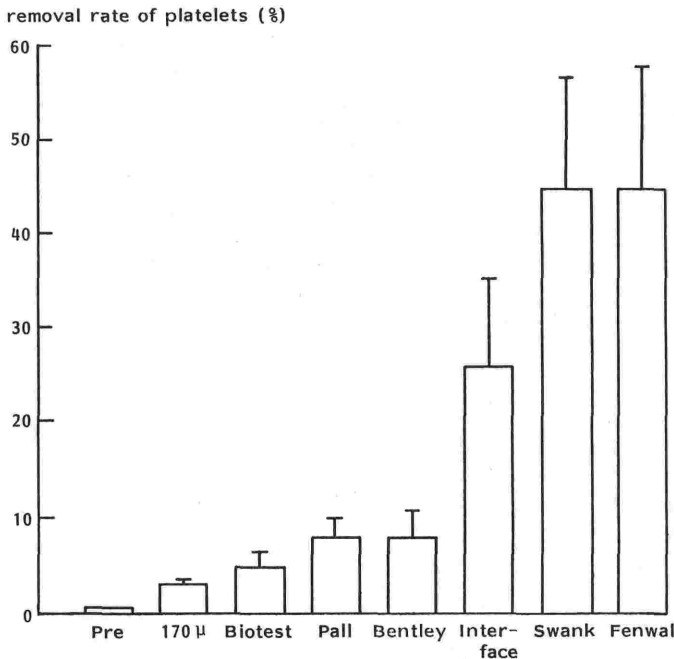


図16 マイクロフィルターによる血小板の吸着⁴²⁾。

volume (充填量) が大きいとき (確実な濾過能力をもつフィルターにはこの量の大きいものが多い) は著しく不便さを感じる。将来的にすでに生理食塩水にて回路が充填されているものの販売が望まれる。

ま と め

以上、述べて来たように保存血輸血に際してはマイクロフィルターの使用が望まれる。しかし末尾に記したごとくその使用にともなう経済性についても考慮しなければならない。われわれは著者らの臨床研究²²⁾にもとずいて 1,000 ml 以下の量の保存血輸血にはマイクロフィルターを用いていない。しかしこの量を越す量の輸血を行う場合はむしろ積極的に使用している。またこの基準量には達しない場合でも長期間 (月, 年単位) に繰返し輸血される場合には一このような時は急速輸血とならない—depth 型, あるいは depth 型と screen 型との複合型のマイクロフィルターを使用し, 免疫的輸血反応の防止につとめることを薦めている。

文 献

- Swank, R. L.: Alteration of blood on storage: Measurement of adhesiveness of "aging" platelets and leucocytes and their removal by filtration. *New Engl. J. Med.* 265:728-733, 1961.
- Künzel, H. P. & Hirsch, H.: Über die Entstehung von Aggregaten in ACD Blutkonserven. *Acta. Haemat.* 32:89-99, 1964.
- Moseley, R. V. & Doty, D. B.: Changes in the filtration characteristics of stored blood. *Ann. Surg.* 171:329-335, 1970.
- Connell, R. S. & Swank, R. L.: Pulmonary fine structure after hemorrhagic shock and transfusion of ageing blood. *Proc. 6th Europ. Conf. Microcirc.* Aalborg 1970.
- Connell, R. S. & Swank, R. L.: Pulmonary microembolism after blood transfusions: an electron microscopic study. *Ann. Surg.* 177:40-50, 1973.
- McNamara, J. J., Boatright, D., Burran, E. L., Molot, M. D., Summers, E. & Stremple, J. F.: Changes in some physical properties of stored blood. *Ann. Surg.* 174:58-60, 1971.
- Mason, K. G., Hall, L. E., Lamoy, C. B. & Wright, C. B.: Evaluation of blood filters: Dynamics of platelets and platelet aggregates. *Surgery* 77:235-240, 1975.
- Gervin, A. S., Mason, K. G. & Wright, C. B.: Microaggregate volumes in stored human blood. *Surg. Gyn. & Obst.* 139:519-524, 1974.
- Marshall, B. E., Wurzel, H. A., Ewing, B. C., Auvburg, S. J. & Neufeld, G. R.: An evaluation of the Bentley PFF-100 transfusion filter. *Canad. Anaesth. Soc. J.* 25:204-210, 1978.
- Raynolds, L. O. & Simon, T. L.: Size distribution measurements of microaggregates in stored blood. *Transfusion* 20:669-678, 1980.
- Barrett, J., Dhurandhar, H. N., Miller, E. & Litwin, M. S.: A comparison in vivo of dacron wool (Swank) and polyester mesh (Pall) micropore blood transfusion filters in the prevention of pulmonary microembolism associated with massive transfusion. *Ann. Surg.* 182:690-695, 1975.
- Dhurandhar, H. N., Brown, C., Barrett, J. & Litwin, M. S.: Pulmonary structural changes following microembolism and blood transfusion: A light and electron microscopic study. *Arch. Pathol. & Lab. Med.* 103:335-340, 1979.
- Reul, G. J., Beall, A. C., Jr., & Greenberg, S. D.: Protection of the pulmonary microvasculature by fine screen blood filtration. *Chest* 66:4-9, 1974.
- Bischel, M. D., Orrell, F. L., Scoles, B. G., Mohler, J. G. & Barbour, B. H.: Effect of microembolic blood filtration during hemodialysis. *Trans. Am. Soc. Artif. Organs* 19:492-497, 1973.
- Marshall, B. E., Soma, L. R., Harp, J. R., Neufeld, G. R., Wurzel, H. A. & Dodd, D. C.: Pulmonary function after exchange transfusion of stored blood in dogs. *Ann. Surg.* 179:46-51, 1974.
- Malik, A. B. & Newell, J. C.: Pulmonary perfusion and gas exchange in hemorrhage and shock. *J. appl. Physiol.* 42:279-286, 1977.
- Cook, W. A. & Webb, W. R.: Pulmonary changes in hemorrhagic shock. *Surgery* 64:85-94, 1968.
- 高折益彦: 輸血と肺機能. *呼と循* 26: 245-250, 1978.
- Bergofsky, E. H., Lehr, D. E. & Aishman, A. P.: The effect of changes in hydrogen ion concentration on the pulmonary circulation. *J. clin. Invest.* 41:1492-1501, 1962.
- Shopiro, B. J., Simmons, D. H. & Linde, L. M.: Pulmonary hemodynamics during acute acid-base changes in the intact dog. *Am. J. Physiol.* 210:1026-1032, 1966.
- Barrett, J., Dawidson, I., Dhurandhar, H. N., Miller, E. & Litwin, M. S.: Pulmonary microembolism associated with massive transfusion. II. The basic pathophysiology of its pulmonary effects. *Ann. Surg.* 182:56-61, 1975.
- 中條信義, 高折益彦, 石井 孝, 村谷久明, 酒井資之: 輸血による肺微小血栓症. *麻醉* 26: 660-667, 1977.
- Snyder, E. L., Underwood, P. S., Spivack, M., DeAngelis, L. & Habermann, E. T.: An in vivo evaluation of microaggregate blood filtration during total hip replacement. *Ann. Surg.* 190:75-79, 1979.
- Johnson, H. D. & Gibbs, J. M.: Is a microfilter

- necessary in a single unit blood transfusion. *N. Z. med. J.* 2:305-308, 1980.
- 25) Snyder, E. L., Hezzey, A., Barash, P. G. & Palmermo, G.: microaggregate blood filtration in patients with compromised pulmonary function. *Transfusion* 22:21-25, 1982.
 - 26) Niehaus, G. D., Shoemaker, P. R., & Saba, T. M.: Reticuloendothelial clearance of blood-borne particulates. *Ann. Surg.* 191:479-487, 1980.
 - 27) Gray, F. D.: Pulmonary embolism. Lea & Febiger, Philadelphia 1966 (p. 63).
 - 28) Fisher, S. R., Duranceau, A., Floyd, R. D. & Wolfe, W. G.: Comparative changes in ventilatory dead space following micro and massive pulmonary emboli. *J. surg. Res.* 20:195-201, 1976.
 - 29) Chillar, R. K., Bensinger, T. A. & Beutler, E.: Maintenance of low screen filtration pressure in blood stored in a new liquid medium: BAGPM J. *Lab. clin. Med.* 89:504-508, 1977.
 - 30) Goldiner, P. L. & Howland, W. S.: Filter for prevention of microembolism during massive transfusion. *Anesth. Analg.* 51:717-725, 1972.
 - 31) McNamara, J. J., Burran, E. L. & Suehiro, G.: Effective filtration of bank blood. *Surgery* 71:594-597, 1972.
 - 32) Solis, R. T. & Gibbs, M. B.: Filtration of the microaggregates in stored blood. *Transfusion* 12:245-250, 1972.
 - 33) Cullen, D. J. & Ferrara, L.: Comparative evaluation of Blood filters: a study in vitro. *Anesthesiology* 41:568-575, 1974.
 - 34) Soeter, J. R., Suehiro, G. T., Ferrin, S., Nakagawa, P. & McNamara, J. J.: Comparison of filtering efficiency of four new in-line blood transfusion filters. *Ann. Surg.* 181:114-117, 1975.
 - 35) Schmidt, W. F., Kim, H. C., Tomassini, N., & Schwartz, E.: RBC destruction caused by a micropore blood filter. *J. A. M. A.* 248:1628-1632, 1983.
 - 36) Snyder, E. L., Root, R. K., Hezzey, A., Metcalf, J. & Palermo, G.: Effect of microaggregate blood filtration on granulocyte concentrate in vitro. *Transfusion* 23:25-29, 1983.
 - 37) Wenz, B.: Microaggregate blood filtration and febrile transfusion reaction. *Transfusion* 23:95-98, 1983.
 - 38) Schned, A. R. & Silver, H.: The use of microaggregate filtration in the prevention of febrile transfusion reactions. *Transfusion* 21:675-681, 1981.
 - 39) Grunnet, N. & Rasmussen, N. J.: Production of leukocyte poor blood. A comparison of five different method. *Scand. J. Urol. Nephrol. (suppl.)* 64:106-111, 1981.
 - 40) Reesink, H. W., Veldman, H., Henrichs, H. J., Prins, H. K. & Loos, J. A.: Removal of leucocytes from blood fibre filtration. *Vox. Sang.* 42:281-288, 1982.
 - 41) Dunbar, R. W., Price, K. A. & Cannarella, C. F.: Microaggregate blood filters: effect on filtration time, plasma hemoglobin, and fresh blood platelet counts. *Anesth. Analg.* 53:577-583, 1974.
 - 42) Snyder, E. L., Hezzey, A., Cooper-Smith, M. & James, R.: Effect of microaggregate blood filtration on platelet concentrates in vitro. *Transfusion* 21:427-434, 1981.

* *

* *

* *

* *

* *

* *