

# 経頭蓋パルスドップラー法による新生児 脳動脈血流の測定

聖マリアンナ医科大学小児科

堀内 勁, 宝樹 真理  
森 直行, 小林 久和  
宮平 寛, 塚田 健介  
浜野 いずみ, 遠藤 章  
依田 卓

## 研究目的

未熟児の脳室出血には頭蓋内血流の変動が関与しているとされており、実際にも Xe133による血流量測定の結果が報告されている。しかしこの方法は必ずしも非侵襲的とはいえずまた NICU 内で繰り返しおこなうには問題がある方法といえよう。そこで超音波血流計を用いて大泉門から前大脳動脈血流速を測定する方法がおこなわれるようになったが、これは細動脈よりも内径の太い動脈は血流量によっても内径の変化が極めて少ないのでかかる動脈の血流速は血流量に比例すると考えられるからである。また脳血流量は脳血管抵抗と負の相関があるので、その脳血管抵抗を示す指標とされる Pulsatility Index (PI) を算出することが好んで行われてきたが、PI は脳血流を反映しないという意見もある。その理由は、大泉門からの前大脳動脈へのアプローチでは正確に血流方向に一致させた超音波の入射が行えないことが一因となっている。そこで最近ではドップラー波形を積分することにより求められる面積 (Area Under the Curve AUC) が血流量と比例するともいわれているがこれも血管を正しく横断するように入射できたときに当てはまることとされている。近年成人領域では 2 MHz という長い波長のパルスドップラーを用い、比較的超音波透過性のよい側頭部あるいは大孔部から経頭蓋骨的に血流速を測定する方法が試みられるようになった。この方法によれば Willis 動脈輪の各血管にたいし比較的容易に正確

な入射角 (0~30°) を得られる。その結果入射角による誤差は 15% 以下に押さえられるので大泉門から前大脳動脈の血流速を測定する方法よりも比較的再現性のよい血流速測定がおこなえる。そこで我々もこの方法を新生児に対して用い、その有用性について検討した。

## 研究方法と対象

血流速測定は 64 ポイントの FFT スペクトルアナライザーを内蔵した EME 社製経頭蓋骨的脳動脈測定装置 TC 2-64 を用いた。

対象は聖マリアンナ医科大学病院に入院した正常成熟新生児 17 名と、超音波断層法により脳室出血がないことを確認した出生体重 1500g 未満の低出生体重児 12 名、及び若干の病的新生児である。

血流速測定はドップラー入射窓として頬骨やや上部の側頭部と前額部正中線左右部とし、上記の対象児に対し、経時的に測定した。またこの部からの入射により、Willis 動脈輪のどの動脈血流が測定できるかを知る目的で、同側の総頸動脈圧迫による血流波形の変化についても検討した。

結果は収縮期血流速、拡張期血流速、平均血流速、S/D、PI として表した。PI は  $PI = (収縮期血流速 - 拡張期血流速) / 収縮期血流速$  により求めた。

## 結 果

図 1 に同一人の側頭部からのアプローチによる

中大脳動脈血流波形と、前頭部からのアプローチによる前大脳動脈血流波形を示した。2つの波形とも同様な結果が得られており、この方法は極めて再現性が良いと考えられる。なお前頭部からのアプローチは成人では不可能だった。また成熟新生児では中大脳動脈の波形を描出できるのは側頭部からのアプローチで25~45mmの深度であり、前大脳動脈は前頭部からのアプローチで25~45mmの深度であった。図2に同側の総頸動脈圧迫による血流波形の変化を示した。図2上段は中大脳動脈であり、総頸動脈圧迫により、血流の減少がみられ、圧迫解除により、1~2拍目はオーバーシュートが見られるが3拍目以降は総頸動脈圧迫前のレベルに回復しており、脳血流の自動調節機能が新生児であっても速やかに作動していることが分かる。但し総頸動脈圧迫によると思われる反射的徐脈が引き続いて観察されている。つぎに中段に前交通動脈の血流描出と総頸動脈圧迫による血流の変化を示した。成人では片側の頸動脈を圧迫すると反対側の頸動脈血流速は2.7倍に増加するといわれており、このため前交通動脈の血流が増加するとされている。新生児であっても図2に示すように同様な血流速の増加が観察される。図2下段は上段と同じく同側総頸動脈圧迫による中大脳動脈血流速の変化を示したが、圧迫を開始して、6拍目頃より中大脳動脈血流がやや増加する傾向がみられている。これは血流減少に対し、末梢血管抵抗が減少し、血流を回復しようとしている反応と考えられ、この反応も広い意味での脳循環の自動調節能を示すものと思われる。

図3に成熟正常新生児の中大脳動脈血流速の経時的変化を示した。生後3時間以内は収縮期、拡張期、平均ともに血流速が低く、生後12~24時間で全てが増加してきている。特に拡張期血流速は出生直後は認められない例が多く、生理的な動脈管開存によるBlood Flow Stealと考えられた。生後24時間以後は拡張期血流速の変動は比較的少なく、収縮期血流の増加とそれに伴う平均血流速の増加が認められた。

図4には極小未熟児の中大脳動脈血流速の経時の変化を示した。極小未熟児では生後3時間以内では拡張期血流を認めた例はなく、またその後の血流変化も増加の傾向はあるが、個体によってバラツキが大きく、特に拡張期血流は一時的に証明された例であっても再び消失してしまうこともあり、動脈管の閉鎖が直線状に進行するのではないことを窺わせた。また平均血流速も生後3時間以内は極めて低く、その後の血流速増加も個体によるバラツキが多かった。さらに図には示さなかったが、超未熟児では25mmという浅い深度であっても側頭からの入射では中大脳動脈をスキャンしても常に反対方向の血流が証明されることが多く、内頸動脈との分岐部より末梢の中大脳動脈単独の血流を捉えることが困難な例があった。

図5にPIを示した。成熟児及び未熟児ともに生後早期は値が大きく、生後時間の経過とともに減少し、成熟児では生後24時間以後はほぼ一定の値をとるようになるが、生後1週間は極小未熟児では成熟児より高い値をとっている。

## 考 察

新生児の脳血流量の非侵襲的測定法についてはいまだ決定的な方法はないが今回我々が用いた経頭蓋骨パルスドップラー法による脳血流速の測定は比較的侵襲性であること、何回も繰り返し測定できること、深度が正確に決定できるので再現性に優れており同一個体の経時的血流変化の観察に向いていること、また脳底動脈のいくつかについてどの動脈かを同定しながら血流観測が行えること、総頸動脈の圧迫という手技を用いてある程度の脳血流の自動調節能についての評価ができることなどの特徴がある。従ってこの方法を用いれば新生児の頭蓋内出血前後あるいはその進行、水頭症への発展への脳血流の関与について観察が可能になると考えられる。次年度以降はこの方法を用いて高炭酸ガス血症と脳血流速との関係、血圧の変動と脳血流速との関係、ひいてはそれらが脳室出血にいかに関与するかについてなどを検討する

予定である。

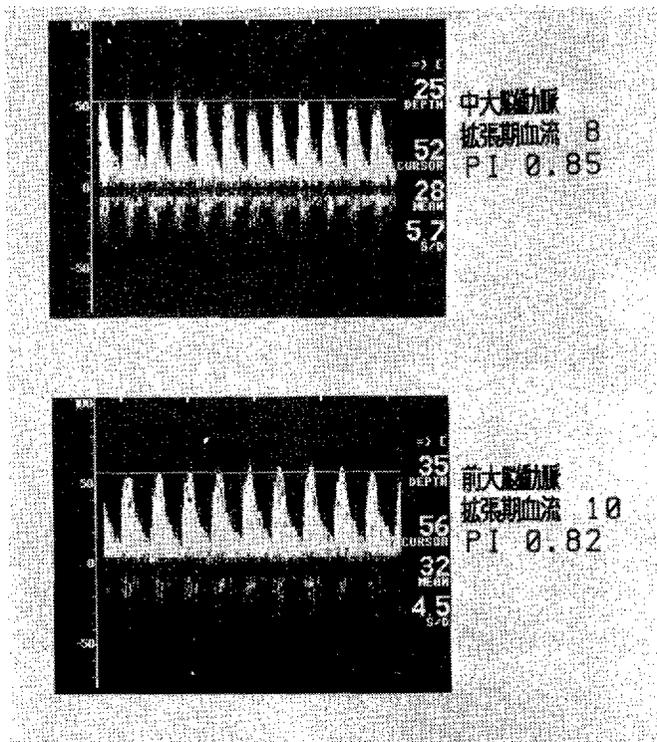


図1. 中大脳動脈と前大脳動脈の血流速の比較

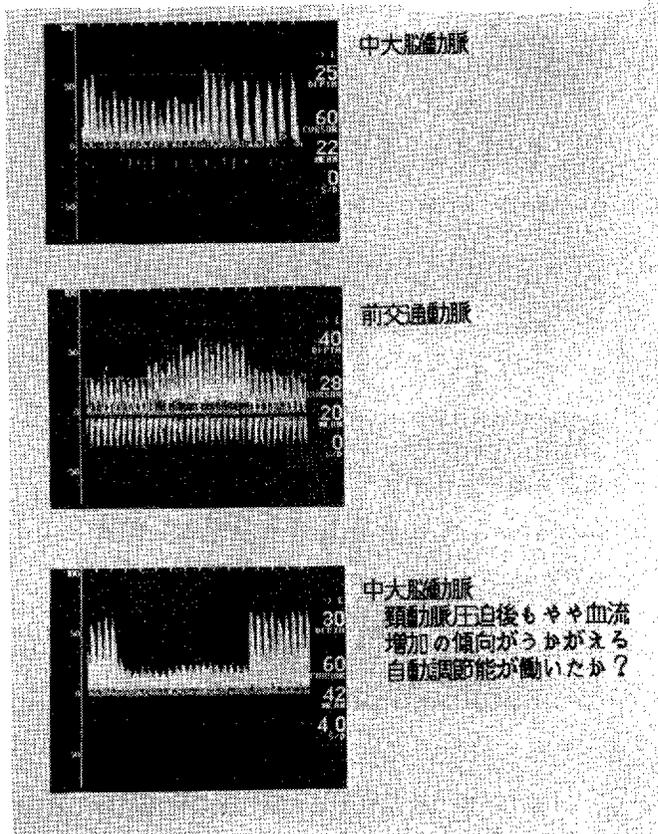


図2. 総頸動脈圧迫による脳底動脈の同定

経頭蓋パルスドップラー法による新生児中大脳動脈血流速の経時的変化

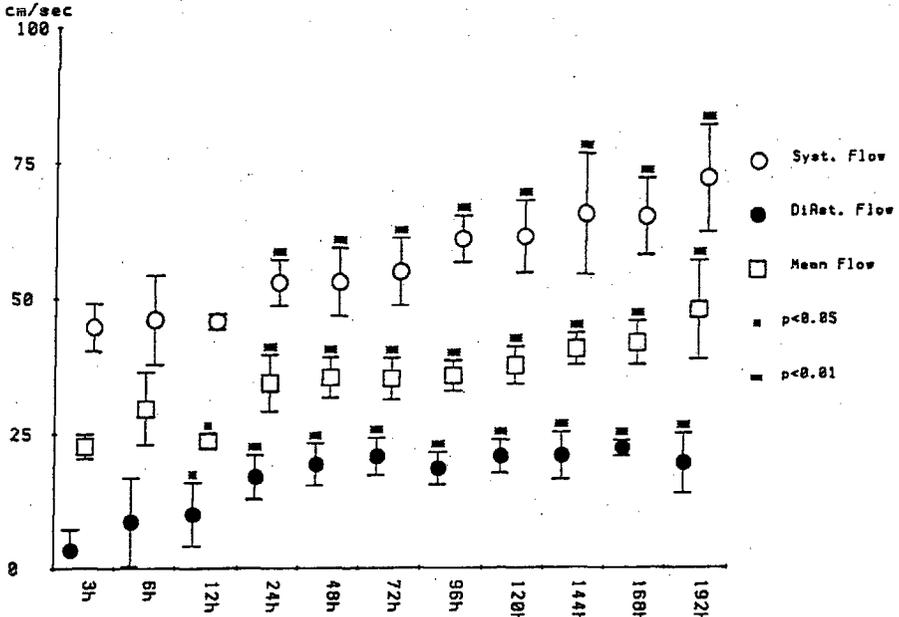


図 3.

経頭蓋パルスドップラー法による未熟児中大脳動脈血流速の経時的変化

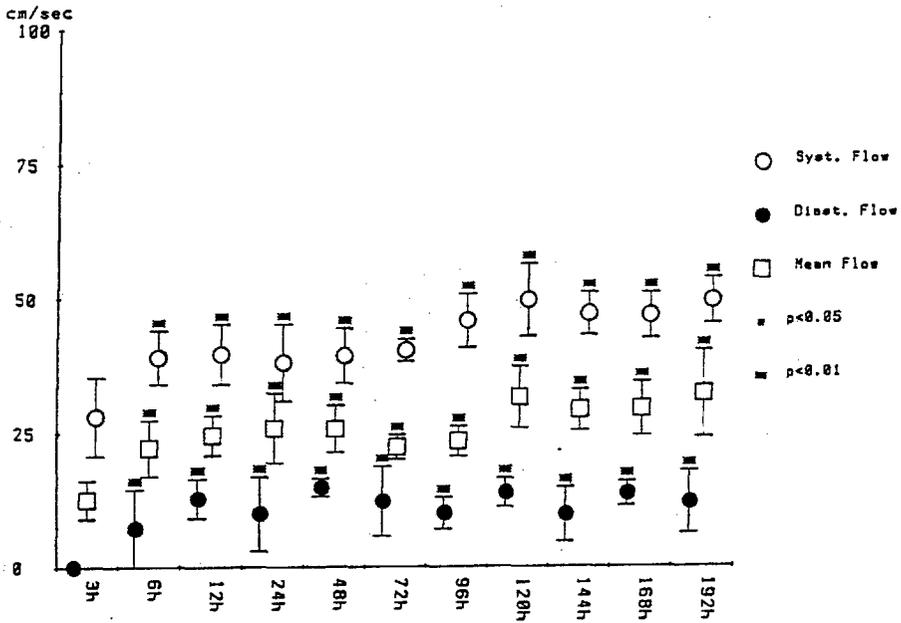


図 4.

経頭蓋パルスドップラー法による中大脳動脈PIの経時的変化

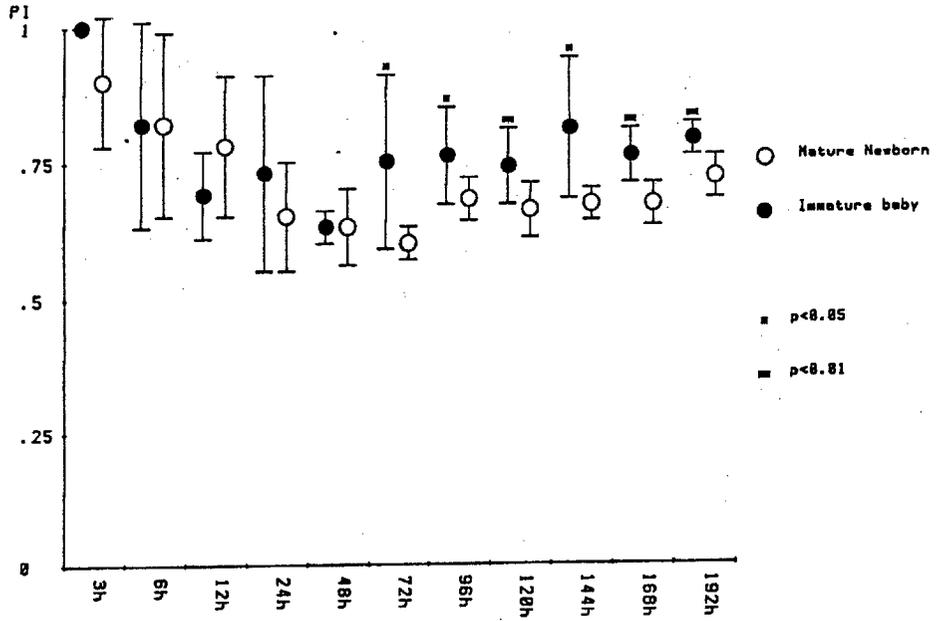
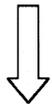
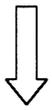


図 5.



## 検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



### 研究目的

未熟児の脳室出血には頭蓋内血流の変動が関与しているとされており、実際にも Xe133 による血流量測定の結果が報告されている。しかしこの方法は必ずしも非侵襲的とはいえ、また NICU 内で繰り返しおこなうには問題がある方法といえよう。そこで超音波血流計を用いて大泉門から前大脳動脈血流速を測定する方法がおこなわれるようになったが、これは細動脈よりも内径の太い動脈は血流量によっても内径の変化が極めて少ないのでかかる動脈の血流速は血流量に比例すると考えられるからである。また脳血流量は脳血管抵抗と負の相関があるので、その脳血管抵抗を示す指標とされる Pulsatility Index(PI)を算出することが好んで行われてきたが、PI は脳血流を反映しないという意見もある。その理由は大泉門からの前大脳動脈へのアプローチでは正確に血流方向に一致させた超音波の入射が行えないことが一因となっている。そこで最近ではドップラー波形を積分することにより求められる面積(Area Under the Curve AUC)が血流量と比例するともいわれているがこれも血管を正しく横断するように入射できたときに当てはまることとされている。近年成人領域では 2MHz という長い波長のパルスドップラーを用い、比較的超音波透過性のよい側頭部あるいは大孔部から経頭蓋骨的に血流速を測定する方法が試みられるようになった。この方法によれば Willis 動脈輪の各血管にたいし比較的容易に正確な入射角(0~30°)を得られる。その結果入射角による誤差は 15%以下に押さえられるので大泉門から前大脳動脈の血流速を測定する方法よりも比較的再現性のよい血流速測定がおこなえる。そこで我々もこの方法を新生児に対して用い、その有用性について検討した。