

明の症例が1例であった。一方、先天性心疾患に合併した native 病変はすべてチアノーゼ型心疾患に合併した病変であった。この中でも、動脈管に肺血流を完全に依存する肺動脈閉鎖症例で、動脈管近傍部に狭窄をきたしたと考えられる病変が9病変と半数以上をしめていた。

§2 バルーン拡大術の成功性に関する要因について

経皮的バルーン拡大術の成功を狭窄部がバルーン拡張前狭窄部径の50%以上の拡張がえられたものと認

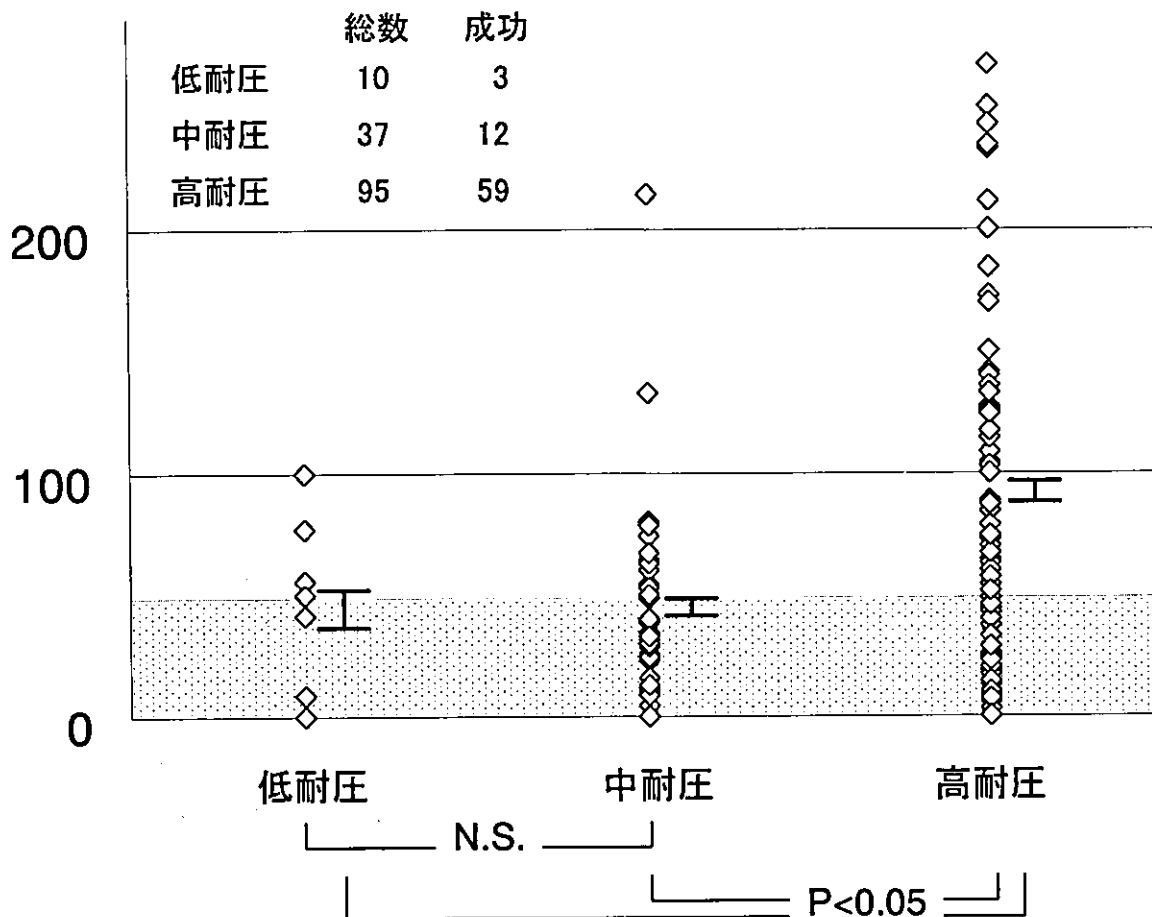
意的に定義した場合、拡張の成功性に寄与する要因について検討した。

① 使用したバルーンの耐圧性と拡張成功性について

バルーンに掛けうる最大圧により使用した血管形成用バルーンを低耐圧（7気圧以下）、中耐圧（8-11気圧）、高耐圧（12気圧以上）に分類し、それぞれ群の拡張成功性について検討した。低耐圧および中耐圧で拡張を施行した病変はそれぞれ10病変と37病変であったが、高耐圧バルーンを使用した場合に比して、有意に拡張性に劣

バルーンの耐圧性と拡張率の関係

低耐圧、中耐圧バルーンでは高耐圧バルーンに比し拡張性が悪い。



っていた。

低耐圧バルーンを使用した諸症例は、1)初期の症例で圧ゲージを用いず拡張を行っていた時期のもの、2)血管のアクセスによる制限などにより、耐圧性の高いカテーテルが使用できなかったもの、3)耐圧性の高いカテーテルによる拡張の後に後拡張として用いたもの、に分けられるが、いずれの症例もバルーンカテーテルの病変拡張性は低かった。

中耐圧のバルーンは狭窄部の径が比較的大きく、拡張効果をえるためには大径のバルーンを使用しなければならない病変に対して用いられた症例が多かった。高耐圧バルーンに比し

て、拡張時に waist が残存することが多くみられた。この群では解剖学的条件が他の群とは異なっていた可能性が考えられる。

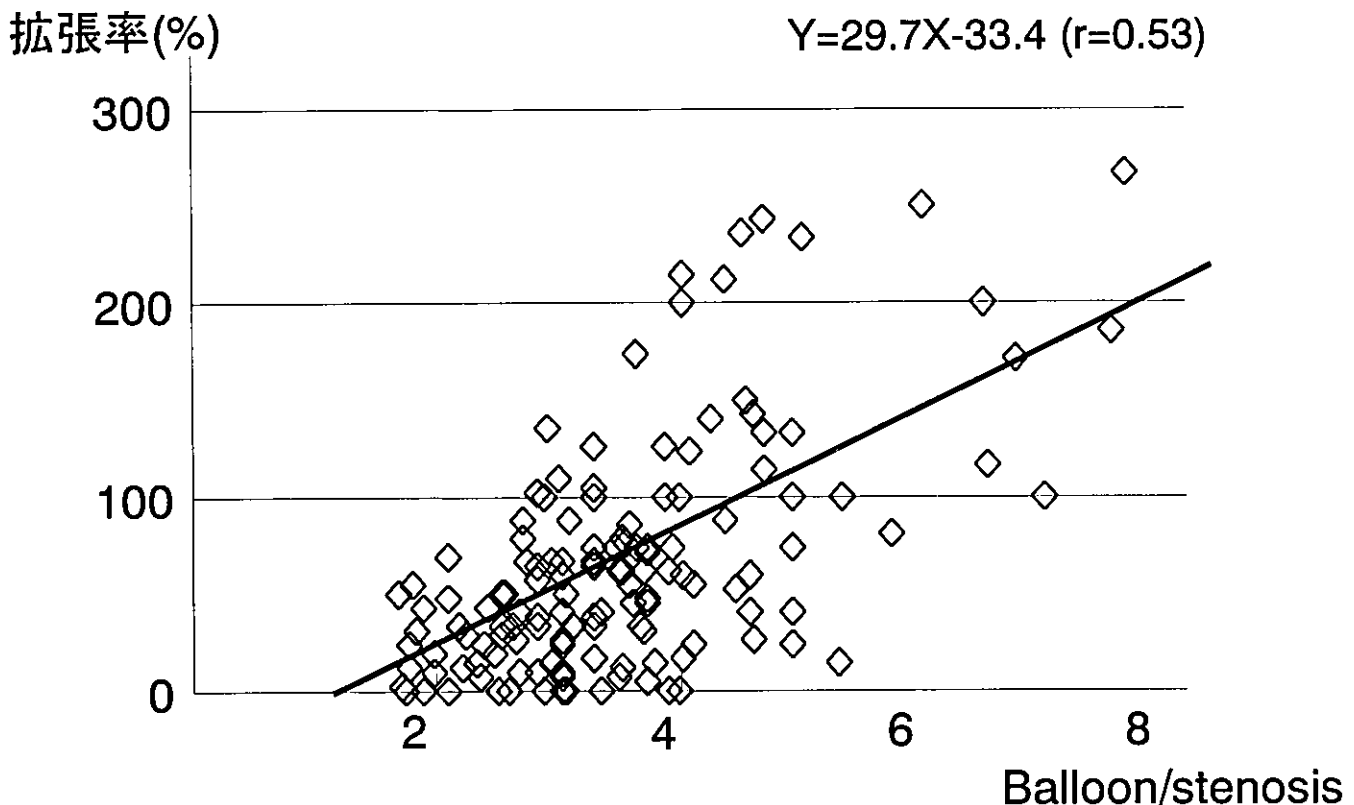
② バルーン径と狭窄部との比

すべての拡張症例についてバルーン狭窄部径比と拡張性を抽出し、相関の有無について検討した。

図3に示したようにバルーン狭窄部比と拡張性については弱い正の相関がみられたが、相関は有意とはいえなかった。

バルーン径/狭窄部径比と拡張率の関係

弱い正の相関傾向を示すが有意ではない。通常使用される径比 3-5 では差はみられない。



③ 術後経過年数と拡張性について

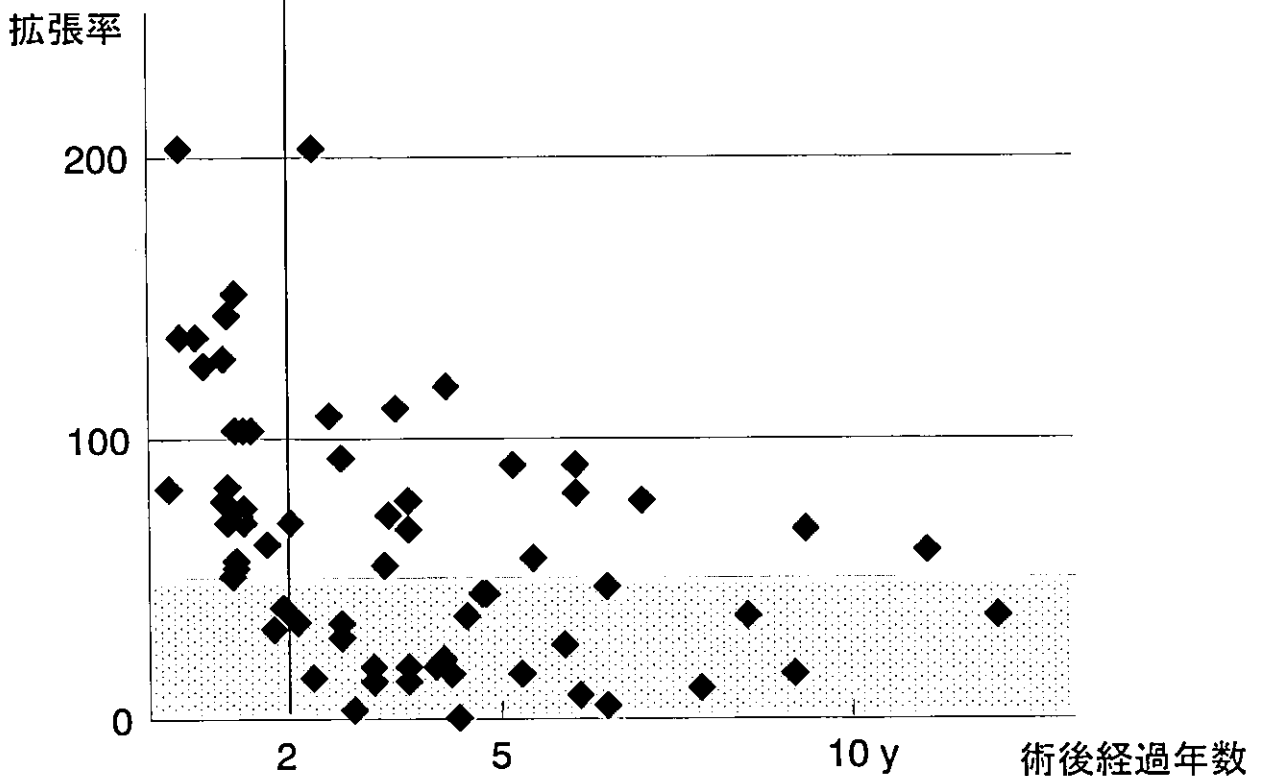
肺動脈に対して手術操作を直接加えた症例の中で、術後に手術部位に関連した狭窄を来したと考えられる症例を抽出した。同時にこの症例を根治手術後に手術部位の狭窄をきたした群と姑息手術後に手術部位の狭窄をきたした群の二群に分別した。全症例および根治術後・姑息手術後群について、病変に関与すると考えられる手術からの術後経過年数と病変の拡張性について検討した。

図に示すように全症例についておよび根治手術後症例において、手術後の時間経過とともに、病変の拡張率が低下する傾向がみられた。手術後2年未満では拡張効果は比較的高い傾向がみられた。一方、手術後2年以降では高い拡張効果がみられる症例はあるが、全般的に拡張性は低い傾向がみられた。姑息手術後の手術関連狭窄病変においても、根治手術後例と同等の傾向がみられた。

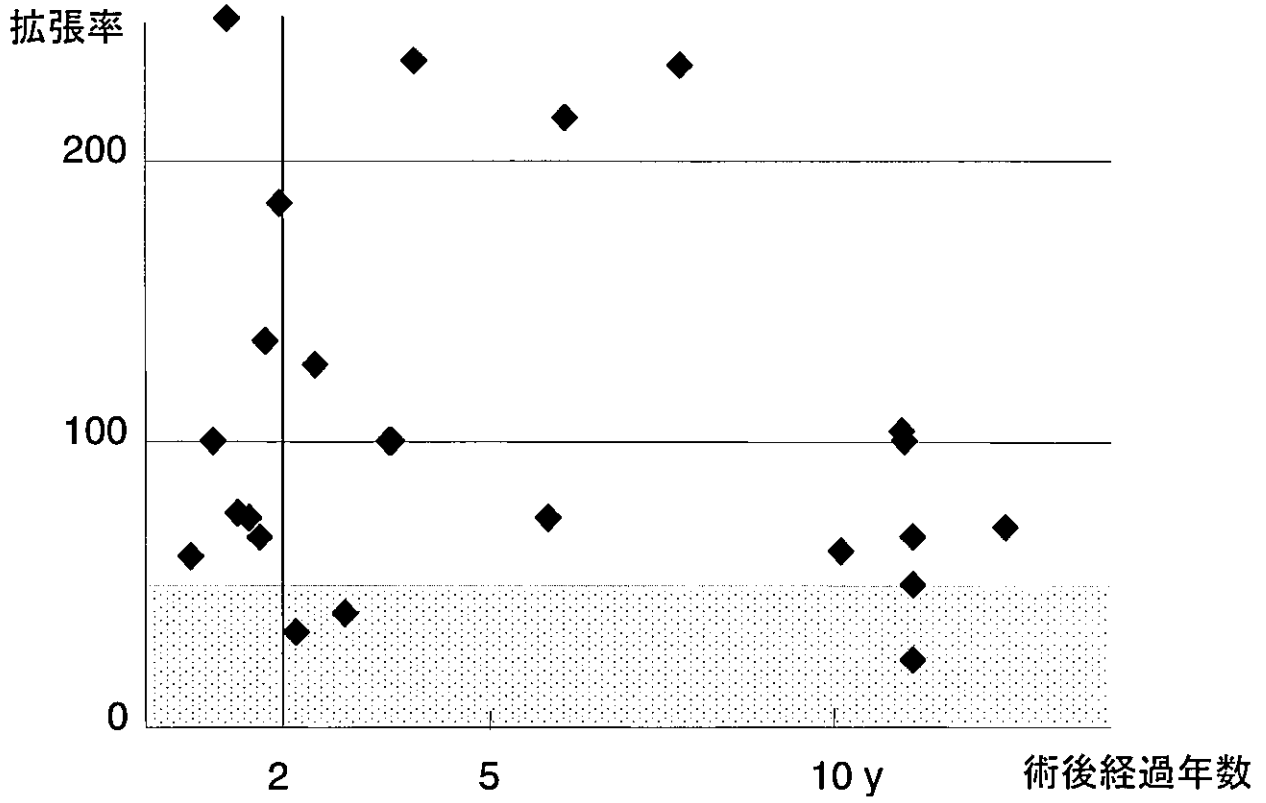
術後経過年数と拡張率の関係

全症例、根治手術後、姑息手術後症例ともに経時的に拡張性が低下する傾向がある。

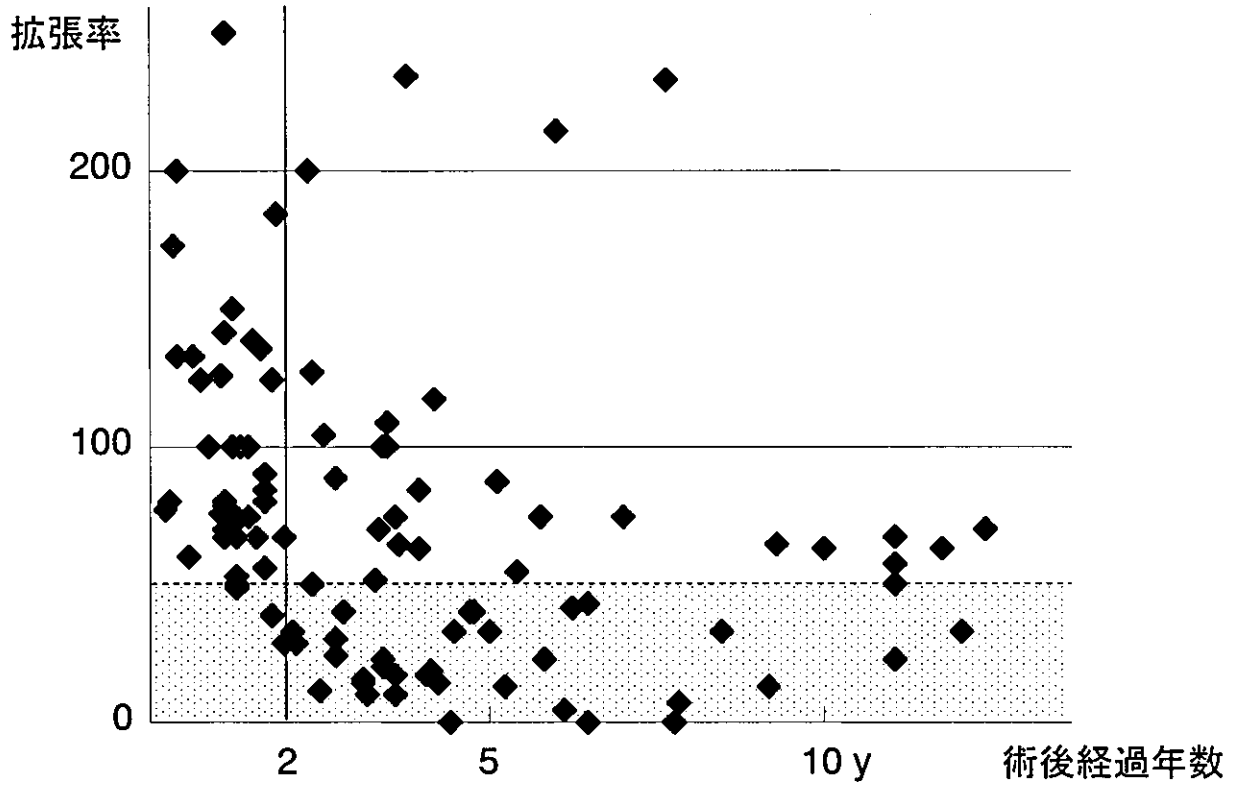
全症例



姑息手術後例



根治手術後例



④ PAB 部位の拡張性について

非チアノーゼ性心疾患群では、17 病変が肺動脈絞扼術 (PAB) に伴う肺動脈狭窄病変と考えられた。この中で、PAB を施行した主肺動脈部分に狭窄を残した 6 例についてバルーン肺動脈拡大術の効果を判定した。

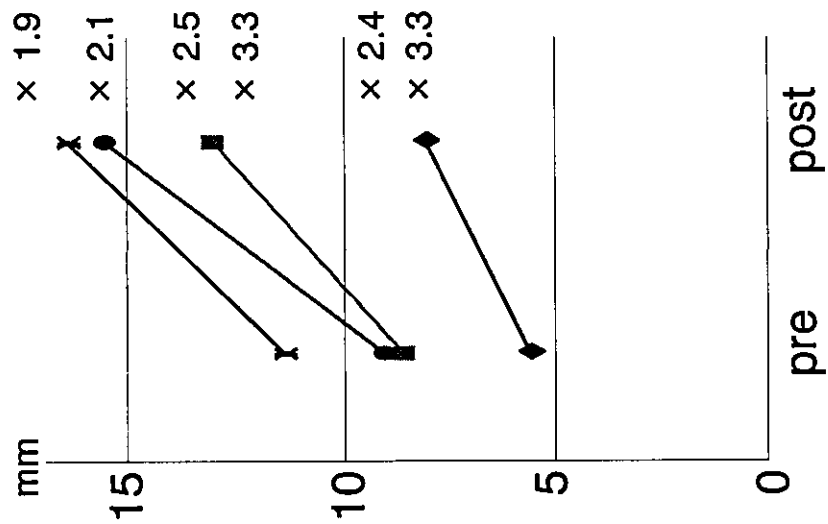
図は PAB 部肺動脈狭窄の径、狭窄部径/肺動脈弁輪部径、PAB を介する圧較差について、バルーン拡張による変化をプロットしたものである。各症例について使用したバルーンのバルーン径狭窄部比を併記している。

主肺動脈 PAB 部狭窄の拡張に際しては、使用すべき拡張用バルーンの最

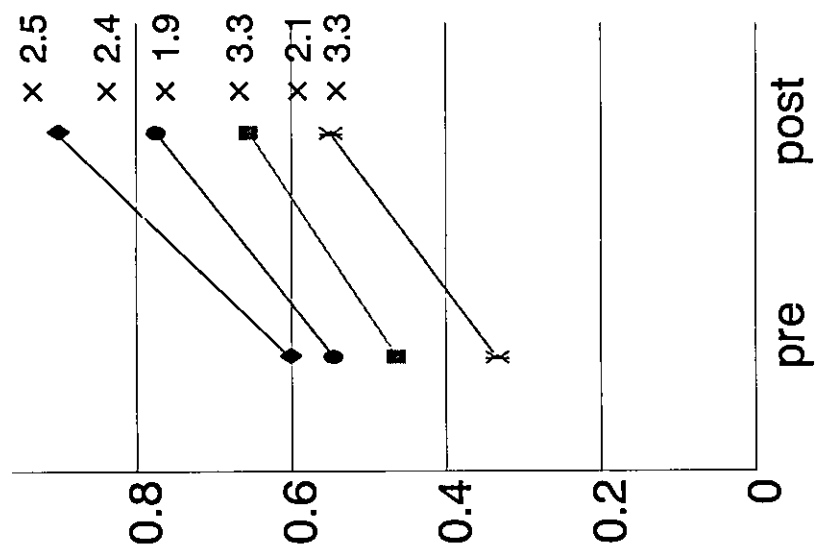
大径は肺動脈弁輪部に対する損傷を考慮すると上限をもうけざるをえない。このため使用可能な拡張用バルーンの径は、大きいものでも狭窄部径比 3.3 であり通常の肺動脈狭窄拡張に比して小さい径のものを使用せざるをえなくなっている。しかしながら、いずれの症例についても 1)狭窄部の絶対径、2)狭窄部/弁輪部径比、3)狭窄部圧較差のそれぞれのパラメーターについて、バルーン拡大術の有効性が確認された。

PAB に起因する主肺動脈部分の狭窄は比較的小さいバルーンでも拡張効果がみられた。
 狭窄部絶対径、圧較差ともに拡張効果がみられている。

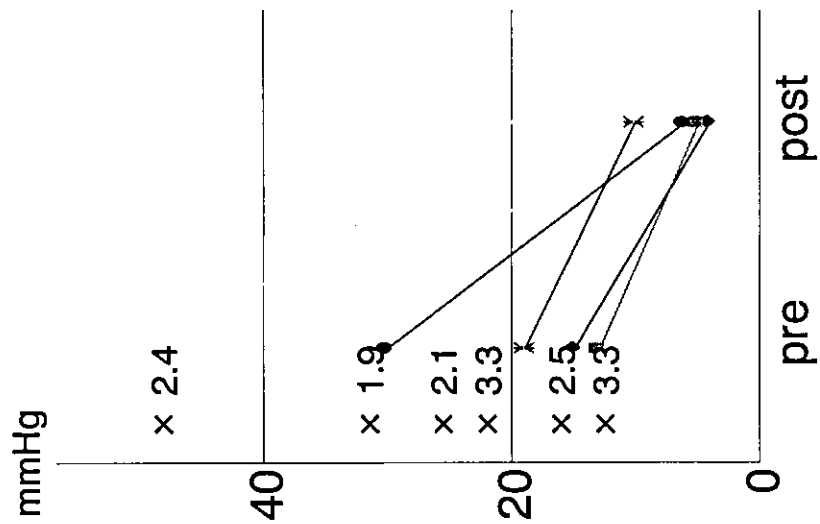
PAB部位狭窄部径



PAB狭窄径 / 弁輪径比



PAB部位圧較差



⑤ Native な狭窄症例のバルーン拡大術による拡張性について

先天性心疾患を合併しない native な狭窄をもつ症例は 3 例みられたが、いずれも狭窄部の拡張に際して waist が残存し、拡張効果はほとんどえられなかった。

チアノーゼ性先天性心疾患に合併する native な狭窄の中で動脈管組織の迷入が強く疑われる 9 病変について検討した。図は PDA 組織関与病変のバルーン拡張による狭窄部径の変化

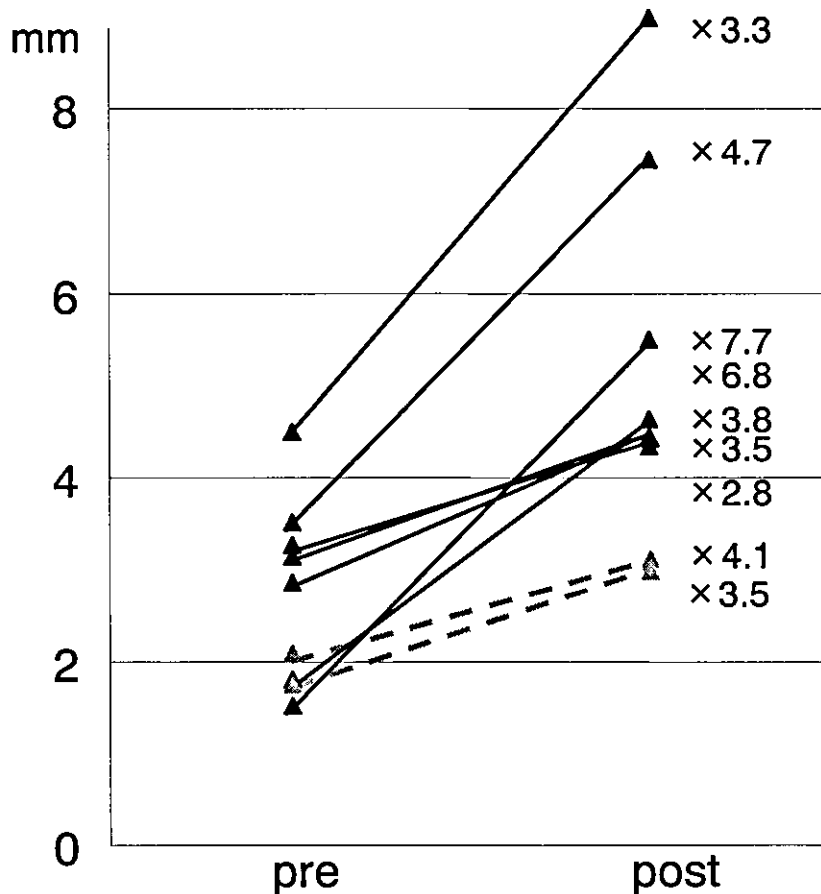
を示している。バルーン/狭窄部径比は一例を除き 3 以上であった。2 例では低耐圧バルーンで拡張されていたが、この 2 例での拡張効果は他の症例に比して低かった。その他の症例ではほぼ十分な急性期拡張効果がえられていた。

PDA 関連狭窄の単心室の 1 症例において経時的に計 3 回の肺動脈狭窄バルーン拡張術が施行されていた。この症例について肺動脈狭窄部の径変化を経時的に追跡したのが図である。い

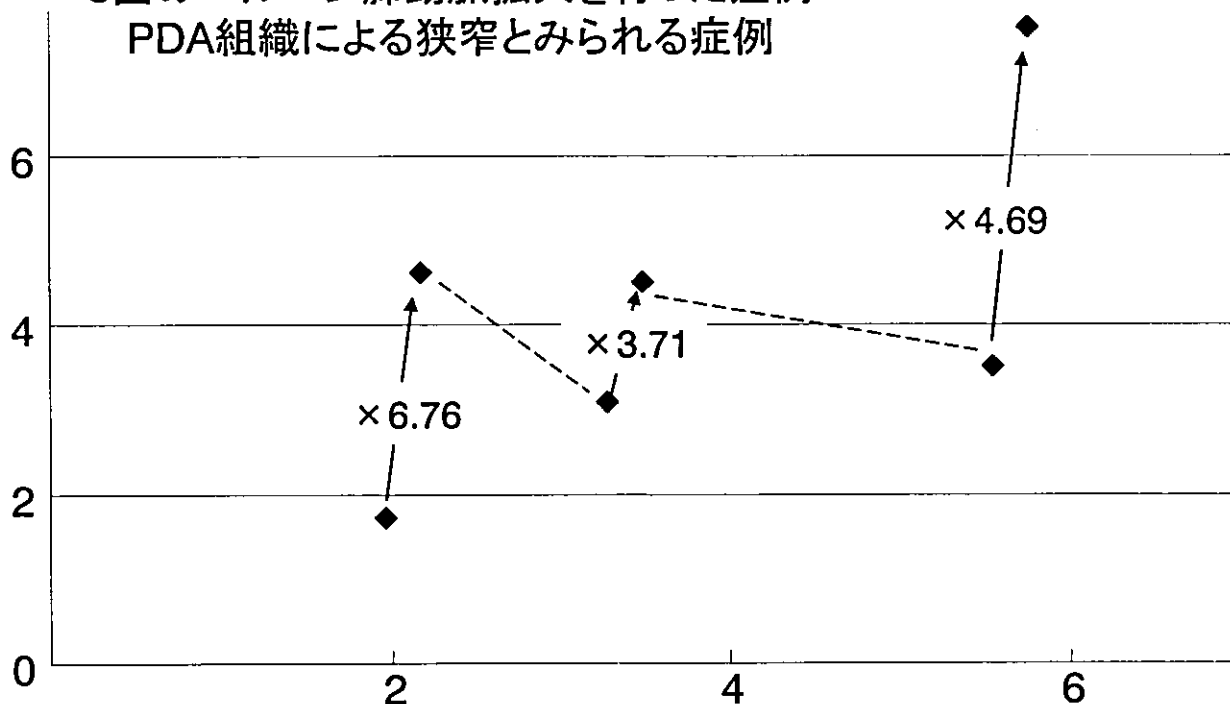
PDA に関連する狭窄部位の急性期拡張効果は高かった。(下図)

拡張症例で recoil が示されたが、拡張の反復で径を確保することが可能になった。(次頁図)

PDA組織による狭窄とみられる症例



3回のバルーン肺動脈拡大を行った症例
PDA組織による狭窄とみられる症例



いずれも十分なバルーン狭窄部径比で拡張を行い、急性期効果は十分であった。一方、1年から2年の経過で再狭窄の進行がみられていた。しかし、再狭窄に再度バルーン拡大を行うことでさらに血管径を拡大することが可能であった。この症例では最終的にフォンタン手術を施行することが可能となった。

⑥ アクセス血管による差異について
バルーン拡張に際しては大腿静脈、内頸静脈、BT 短絡（大腿動脈経由）の三種類のアクセス血管から肺動脈狭窄病変に到達した。この三種のアクセス血管から症例を三群に分け、拡張に際しての特徴を検討した。

表に症例のバックグラウンドを示す。BT 短絡から拡張を図った症例は、

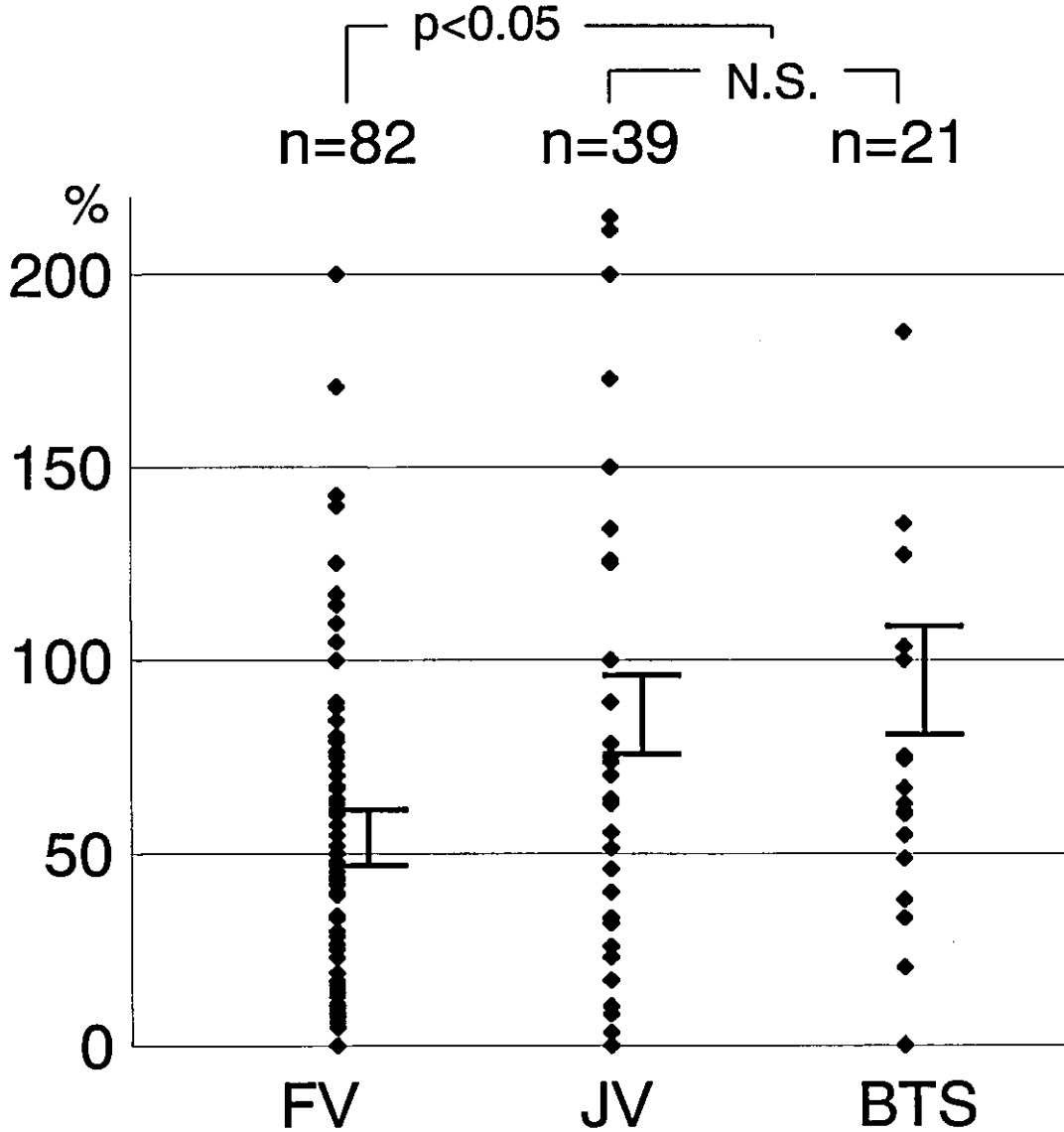
血管アクセス別の症例背景

BT 短絡経由の拡張を行った症例は若年で、狭窄部径が小さい。この結果小さいバルーンでも同等の径比がえられている。

	症例数	年齢	狭窄部径	Balloon 径	Balloon/狭窄部比
BT 短絡	27	4.1±4.0 (0.3-13.7)	2.7±1.0	9.2±2.6	3.7±2.9
大腿静脈	88	7.0±6.0 (0.4-36.5)	5.0±2.1	15.4±4.4	3.4±1.2
内頸静脈	42	7.6±6.3 (0.37-37.5)	4.4±2.0	15.0±4.5	3.6±0.98

血管アクセスと拡張性

大腿静脈経由の拡張では内頸静脈、BT 短絡経由よりも拡張性が悪かった。



大腿静脈および内頸静脈からの拡張を図った症例に比して低年齢であった。また、BTS からの拡張群の狭窄部径は他の群に比して小さかったが、狭窄部に対する使用バルーンの径比では三群の間に有意な差はみられなかった。アクセス血管と拡張率とについ

て三群間の差異について検討した。内頸静脈およびBT 短絡をアクセス血管として使用した群については2 群間に狭窄拡張率の有意差はみられなかった。一方、大腿静脈からのアプローチ群では他の2 群に比して有意に拡張率が低かった。

⑦ チアノーゼ型心疾患群内の疾患による拡張性の差異について

バルーン肺動脈拡大術の対象症例として多数を占めたのは前述のようにPA+VSDとファロー四徴症(TOF)であった。PA+VSDの根治手術に際してはTOFの根治手術に比して人工物の補填を要する可能性が高いことから、PA+VSDおよびTOFの症例群間でバルーン肺動脈拡大術の効果に差異があるかどうか検討した。二群とも根治手術後の症例で高耐圧バルーン

を使用した症例のみを抽出した。

表はこの二群に対するバルーン肺動脈拡大術の特徴を記述している。二群間で患者の年齢、術後経過、解剖学的条件に差はみられなかった。拡張に際しては両群とも同等のバルーンが使用されていた。結果的には明らか拡張率の差はみられなかった。

一方、PA+VSD症例ではTOF症例に比し、有意ではないものの狭窄部前の血圧がより高い傾向があり、拡張後もこの傾向が持続していた。

PA+VSDとファロー四徴症症例の背景

拡張前の圧および圧較差についてPA+VSD例で高い傾向があったが、その他の指標を含めてファロー四徴症との明らかな差はみられなかった。

	症例数	年齢	手術後経過	狭窄部径	Balloon/狭窄部比	拡張率
PA + VSD	21	8.0±5.4 (1.7-20.0)	3.2±0.4	4.7±1.6	3.4±1.8	60±95
TOF	35	7.9±7.8 (2.0-37.4)	3.3±2.2	4.9±1.5	3.4±0.9	60±61

	拡張前		拡張後	
	狭窄前圧	圧較差	狭窄前圧	圧較差
PA + VSD	45±16	22±15	44±17	14±15
TOF	37±13	18±11	35±11	9.7±9.7

*拡張後圧較差に2群間の有意差はない

D. 考察

肺動脈狭窄は通常の直列循環動態の場合、肺循環に直列する心室の圧負荷をきたし、高度の場合右心不全症状をきたしうる。また左右肺動脈の血流量の著しい差をもたらさうることから換気血流比の不均等を招き、労作時の易疲労性を増加させる。

心内修復手術を受けている場合、手術にともなう心筋の潜在的侵襲から圧負荷による心不全症状が惹起されやすい。このため、有意な肺動脈狭窄は術後可能なかぎり早期に解除することが望ましい。特に、今回の検討でも明らかなように、TOF, PA+VSD, TGA 症例では術後肺動脈狭窄の有病率が著しく高く、積極的な肺動脈形態および血行動態の評価が必要と考えられる。手術後の時間経過と狭窄病変の拡張性についての検討では、術後比較的早期での拡張性がより高いことが示された。特に、術後2年以内での拡張可能性は2年を超えた場合よりも高い。このことは、術後早期の末梢肺動脈形態、血行動態の評価およびバルーン拡大術の適応の評価が必要であることを示唆している。

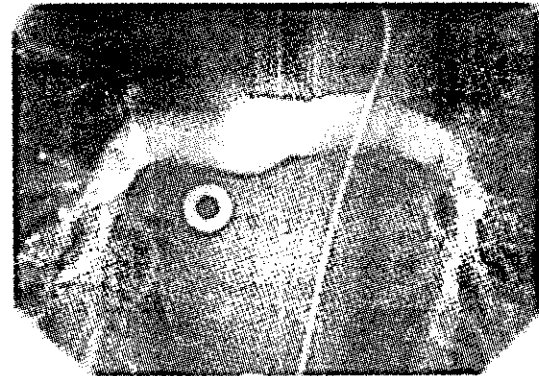
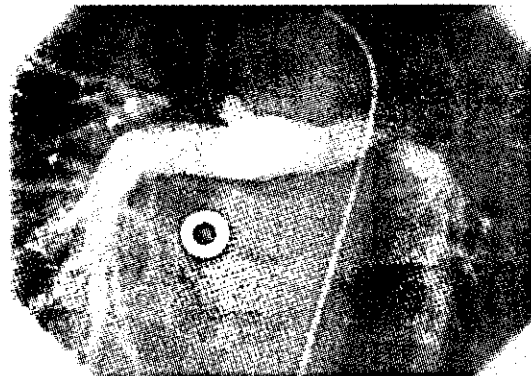
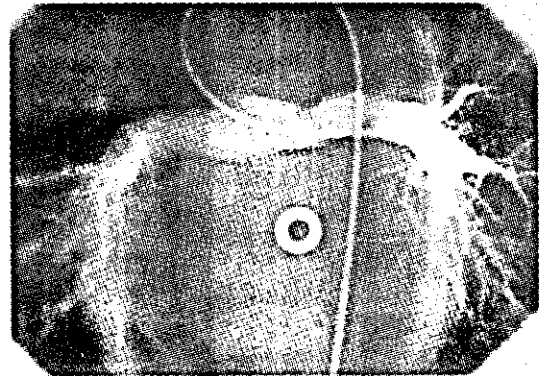
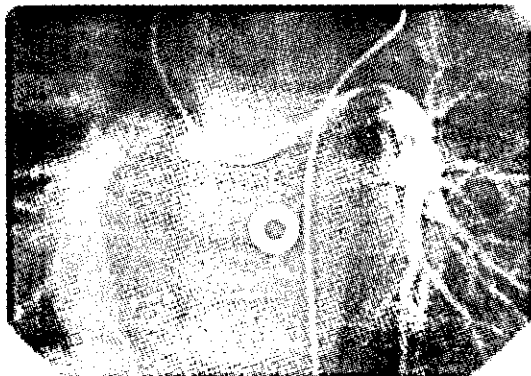
姑息手術、特にBT短絡などの体肺短絡を施行されている場合、末梢性肺動脈狭窄が存在すると病変側の肺血流量が阻害され、病変側の肺動脈の発育不良が生じる。BT短絡を必要とする疾患は、肺動脈の発育の程度が根治手術の可能性を規定する。このため、根治手術後の症例に比して厳密な管理が必要である。一般に体肺短絡は低

年齢の患者に対して施行される。今回の評価でも、体肺短絡経由で末梢性肺動脈狭窄に対するバルーン拡大術を施行した群は低年齢であり、それにともない狭窄病変部の径は有意に小さかった。体肺短絡を通して拡張を行う場合には使用できるバルーン径の最大値は小さく、年齢の高い患者での効果は低いと考えられるが、狭窄部病変径が小さいことから十分なバルーン比を保つことができ、拡張効果は十分にあると考えられた。体肺短絡術に関連すると考えられる病変についても、根治手術後症例と同様に術後経過と拡張性についての関連が認められ、早期の評価と拡張による拡張効果の増大が期待できる。一方、体肺短絡術関連病変には狭窄の原因となった体肺短絡経由でのアプローチすることは不可能である。今回体肺短絡経由での拡張を施行した症例は両側に体肺短絡を施行された症例であり、すべての症例でバルーン拡大術を施行することができる訳ではない。

Nativeな病変では全身疾患に合併した孤発性症例と先天性疾患に合併した症例では拡大可能性に差があることが予想された。孤発性症例の拡大が困難であったのは疾患固有の病変の病理構造が原因と考えられる。これについては同一疾患での症例を積み重ねることで、バルーン拡大術の適応の有無を決定していくことが必要である。先天性心疾患に合併している症例については拡張性が良好であった。PDA組織の関与が明らかな症例が半

数にみられており、他の症例についても PDA 組織の関与が否定できないことから、先天性心疾患に合併した Native 病変の拡張性については PDA 組織の関与の有無が重要な要素である可能性がある。一方、図に示したように、PDA 組織が関与した病変は拡張後 recoil する傾向が顕著であり、頻回の拡張を要する可能性がある。下に

PDA 接合部の左末梢性肺動脈狭窄を来した症例のバルーン拡大術前後の肺動脈形態を示すが、ほぼ閉塞に近いまでの狭窄を来していても、バルーン拡大の効果は著しい。ただし、経過中に再度 recoil をきたしており、再拡張で再度拡張効果がみられている。これらの症例の経過が示唆するように、この症例群では拡張後に recoil がみられ



動脈管近傍部狭窄の拡張と Recoil

上段 第一回目拡張

拡張前（左図）には狭窄が高度でほぼ閉塞している。

中段 第二回目拡張

再度狭窄が進行しており組織の recoil が起きていると考えられる。再拡張で十分な径となっている。

下段

再評価では recoil はみられていない。

る可能性を考慮し、頻回の血行動態の評価が必要である。

非チアノーゼ性心疾患根治手術後例での末梢性肺動脈狭窄のほとんどは肺動脈絞扼術 (PAB) にともなう主肺動脈狭窄および左右肺動脈分岐部脈狭窄であった。このことは PAB が手術的解除後も肺動脈病変を効率的に残すことを示唆している。左右分岐部狭窄については通常の方法で拡大できるが、主肺動脈部狭窄 (PAB 解除部) の拡張では、肺動脈弁輪部にバルーンカテーテルがかかるためにバルーンの最大径が限定されてしまう。今回の検討でも使用されたバルーン/狭窄部径比は 2.5 前後と他の症例に比して小さかった。しかしながら、拡張性および圧較差の減少については十分な効果がえられていた。PAB 部位の拡張ではこの部位の特徴から比較的小さい径のバルーンでも拡張効果があることが予想され、バルーン拡大を積極的に施行する意義があると考えられる。ただし、今回の検討では 4kg 程度の体重の心室中隔欠損症例に対して PAB を行った症例が主となっており、近年の VSD に対する早期一期的手術の傾向から、PAB 部位へのバルーン拡大術症例は減少することが予想される。

手技上の問題と拡張性についての検討では、まずバルーン耐圧性と拡張性との関連が示された。従来から言われているように 7 気圧以下の低耐圧バルーンを用いた症例では拡張性が悪いことが示された。また、8-11 気圧

の中耐圧バルーンでの拡張性も高耐圧バルーンに比して悪かった。低耐圧バルーンは初期の段階での使用に限られており、現在は始めから低耐圧バルーンを末梢性肺動脈狭窄の拡張に用いることはなくなっている。現在低耐圧バルーンを使用する症例は、高耐圧バルーン使用後の後拡張に用いる場合だが、効果は限定的であることが予想された。中耐圧バルーンはやや径の大きい (参照血管との差が少ない) 狭窄病変に用いられることが多く、バルーン/狭窄部径比が十分にとれないことが拡張性に劣る要因である可能性がある。また、このような病変の病理的な背景が異なっている可能性もあり、耐圧性と拡張性を直接関連づけることは困難であるかもしれない。

バルーン/狭窄部径比については弱い相関がみられるものの、通常使用される 3-5 倍径のバルーンについては明らかな差はみられなかった。このことは通常の拡大径をとる場合、径を大きくしても必ずしも拡張効果が増す訳ではないことを示している。拡張効果は血管壁に生じる病理変化に関連していることが考えられ、拡張効果、特にその持続性については病理変化を把握することが重要であると考えられる。病理変化が生じていることは通常造影検査で軽度の血管壁の断裂や動脈瘤の描出によって確認されることがあるが、造影条件などにより必ずしも描出できるわけではない。現時点で血管壁の病理変化を鋭敏に描出できるのは血管内エコーであり、拡

張効果については積極的に血管内エコーを施行し、バルーン径を選択していく必要があると考えられる。

理由は明らかではないが、アクセスを大腿静脈から行った群と内頸静脈から行った群で、拡張性についての差が認められた。当施設では1993年から1996年度ごろまで、術後肺動脈狭窄病変に対しては内頸静脈からのアクセスを多用していた。初期の症例では剛性の高いガイドワイヤーが使用できなかったこともあり、高耐圧のバルーンを大腿静脈から末梢肺動脈に留置しづらい傾向があり、拡張が不成功に終わることが多かったことが積極的に内頸静脈からのアクセスを多用した理由であった。これが内頸静脈からのアクセスで大腿静脈からのアクセスに比して拡張性の高い理由になっている可能性がある。現在ではガイドワイヤーの改良が進み、原則として大腿静脈からのアクセスを行っている。

この検討で示されているように肺動脈狭窄病変の拡張可能性は病変の病理的背景に依存していると考えられる。動脈管に依存した狭窄病変は拡張性が比較的高く、拡張の可否がその後の手術方針に大きな影響を与えるため、積極的に拡張することが望ましい。一方、recoilしやすいことが示唆され、頻回の血行動態評価を行い、再狭窄に対しても積極的に拡張を繰り返すことが望ましい。術後の狭窄については、根治手術後、姑息手術後とも術後比較的早期に狭窄を拡張すると

拡張効果が高いことが示される。従って、術後は綿密な血行動態の評価を計画し、拡張の時期を逃さないことを留意しなければならない。

肺動脈狭窄は臨床症状がとらえにくい病変であり、心エコーでも年長児や術後症例、末梢部病変などで描出が困難な場合が多い。従って、心エコーによる病変の検出から心カテーテル検査にいたるという流れでは、適切な評価を適切な時期に施行することが困難である場合もある。血行動態における血流シンチグラムの積極的使用、解剖学的病変についてCTやMRIを積極的に使用することなど他のモダリティを併用することが積極的な治療に結びつくものと考えられる。

E. 結論

単一施設での肺動脈狭窄に対する15年間のバルーン拡大術の結果について、拡張性に寄与する因子を推定するために後方視的検討を加えた。

術後狭窄病変については、根治手術後、姑息手術後とも術後比較的早期に狭窄を拡張すると拡張効果が高いことが示された。このことから、末梢性肺動脈狭窄を合併した手術症例では、カテーテル治療による拡張の時期を逃さないように、術前および術後の血行動態や形態評価について経時的に綿密な評価を計画しなければならない。動脈管関連狭窄病変では、拡張の可否がその後の手術方針に大きな影響を与えるため、積極的に拡張することが望ましい。一方、recoilしやすい

ことから頻回の血行動態評価を行い、再狭窄に対しても積極的に拡張を繰り返さなければならない。

一方、肺動脈狭窄は臨床症状がとらえにくい病変であり、心エコーでも年長児や術後症例、末梢部病変などで描出が困難な場合が多い。血行動態を評価するための血流シンチグラムの積極的使用や MRI・CT などの新しいモ

ダリティを併用することで治療時期を逃さないようにする必要がある。また、動脈管に関連した狭窄病変の高拡張性にみられるように、肺動脈狭窄病変の拡張可能性は病変の病理的背景に依存している。この観点から血管内エコーなどの病理診断にせまる診断法を行いながら、拡張戦略を立てる必要がある。

厚生労働科学研究費補助金
(小児疾患臨床研究事業)
分担研究報告書

脱落 Palmatz large stent の回収
グースネック・スネアーカテによるステント径及び形状の変化について

分担研究者 黒江 兼司 葉山ハートセンター 副院長
 佃 和弥 兵庫県立こども病院 循環器科医師

目的

ステント留置術において、ステントの脱落・迷入は、術施行において、どうしても避けたい事象である。しかし、拡張手技後期にバルーン破裂が生じた場合や、狭窄後拡張等があり、狭窄部径と狭窄部前後径の口径に極端な差がある時などには、留置したステントが脱落する可能性が高くなると考えられる。留置手技を終えた後にステントが脱落した場合、目的血管以外の部位への留置も一つの対処方法であるが、適切な留置場所が無い場合（心室側へ脱落している場合など）には、回収を余儀なくさる。しかし、ステント留置の症例数さえ少ない上、まれな、脱落に関しては、確立した対処方法が無い。今回、このような事象に対し、どのような対応が適切かを判断する資料として、拡張された P a l m a t z l a r g e s t e n t が A m p l a t z G o o s e N e c k S n a r e K i t（一般的に異物回収に使用されるスネアーカテセット）によって、どのように縮小されるか、また、どのような形になるかを、体外実験にて検証し、今後のより良い対処方法を考える際の参考にすることとした。

使用器具・方法

PALMATZ l a r g e s t e n t 長さ12mm を、バルーンにより、4.5mm・6.0mm・11.0mm に拡張させたものを径の縮小実験に用いた。Amplatz Goose Neck Snare Kit はリング径15mmのものを用意した。4.5mm および 6.0mm 径に関しては、① Amplatz Goose Neck Snare Kit に付属のスネアーカテを用いたステント径の縮小実験のみを行ったが、11.0mmに関しては、①に加えて、② 付属のスネアーカテに代えて、Cook社製の、のMullins Typeのロングシースのダ

イレーターをそのまま用いた縮小、③ 付属のスネアーカテに代えて、上記のダイレーターの先の柔らかい部分を切断加工した物を使用しての縮小実験を追加した。

結果

A. (図1) PALMATZ large stent 長さ12mm を、4.5mm に 拡張に拡張したところであるが、網目はまだ長方形を保って

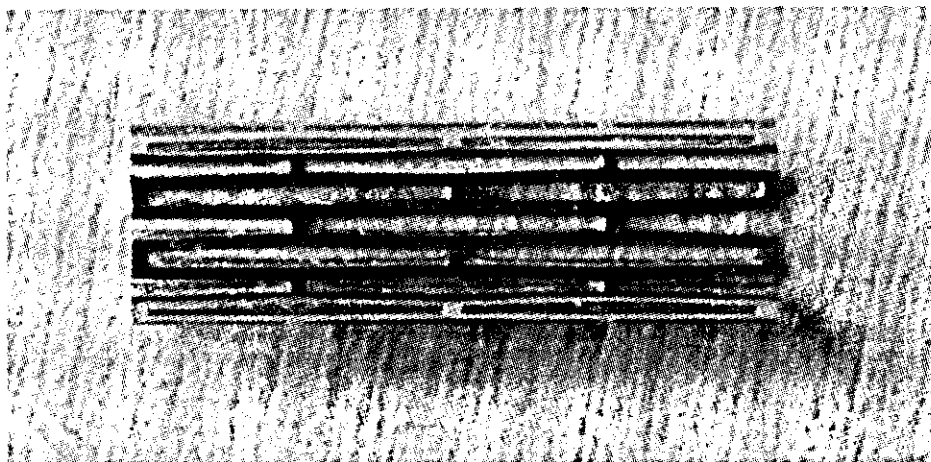


図1

いる。

(図2) しかし6.0mm に拡張すると、網目はひし形となり両端は冠状になる。

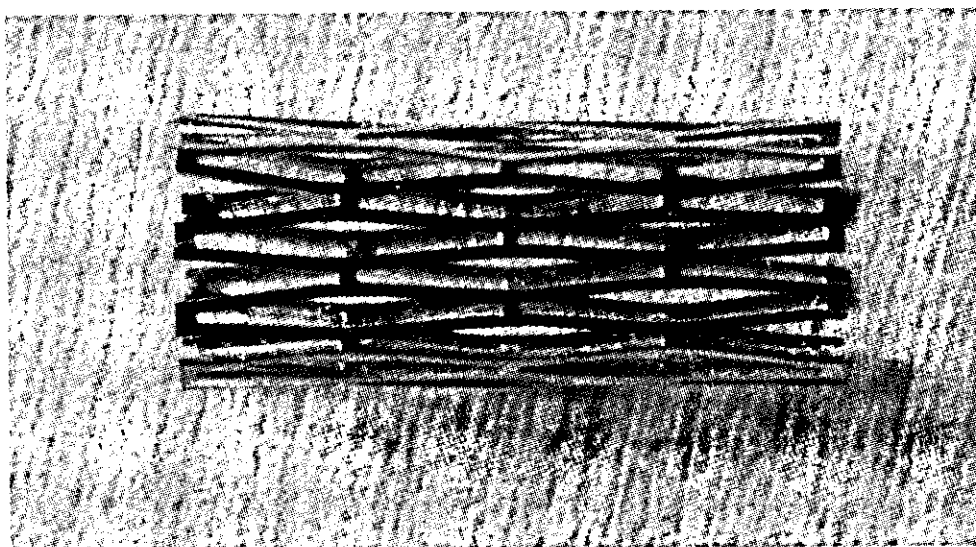


図2

これを、Amplatz Goose Neck Snare Kit 15mmと ①それに付属のカテーテルによって径の縮小を試みた所、ステント径は縮小されたが、両端は花卉状に開く形となった。(図3、4)

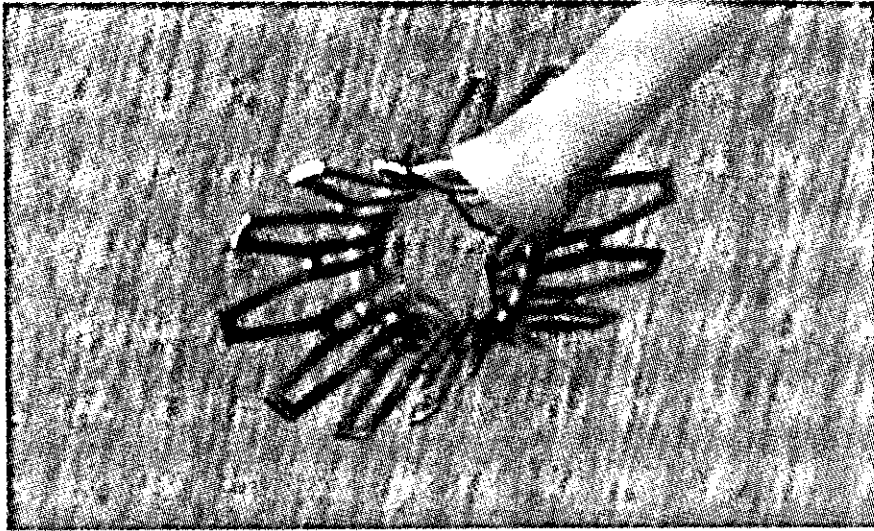


図3

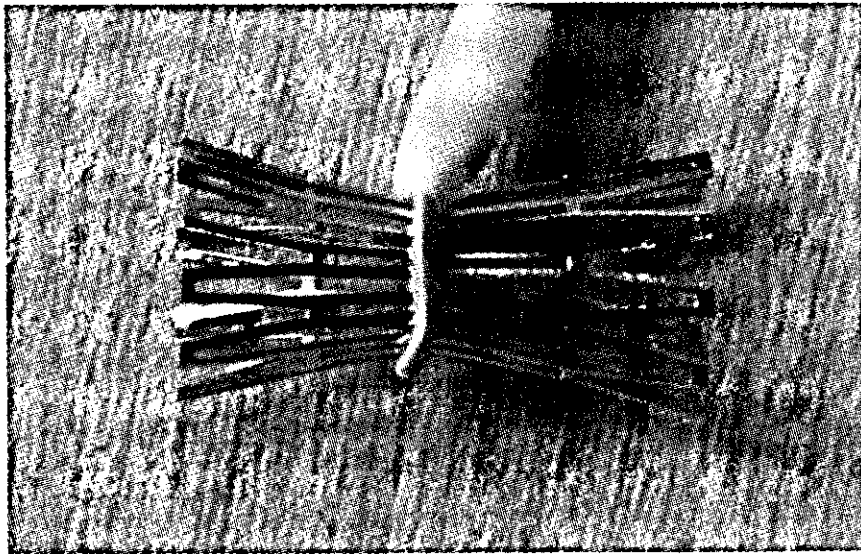


図4

このように、ステントの拡張径が6 mm以下なら、両端や中央にスネアーを移動させて、順次ステントの径を縮小させる事は、以下の（図、5、6、7）のように理論的には可能であるが、体内での手技には困難が予想される。

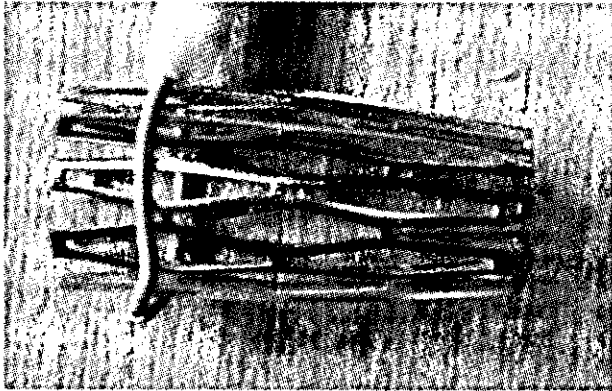


図 5

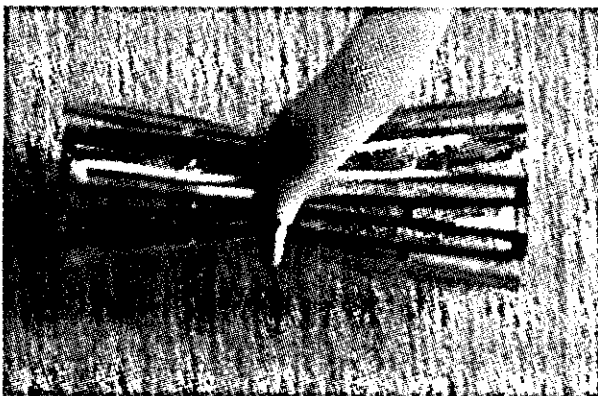


図 6

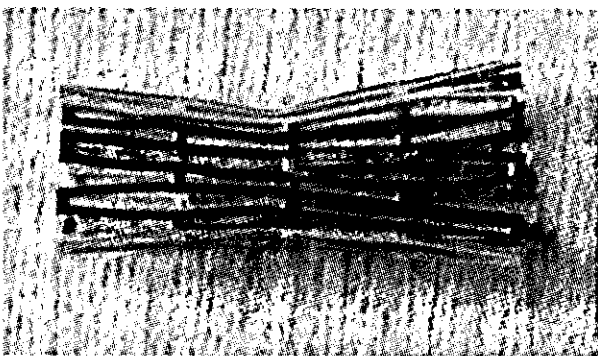


図 7

B. (図8) PALMATZ large stent 長さ12mmを、径11mmに拡張したところであるが、ステントの網目は大きく広がり、ステント長も短くなっている。

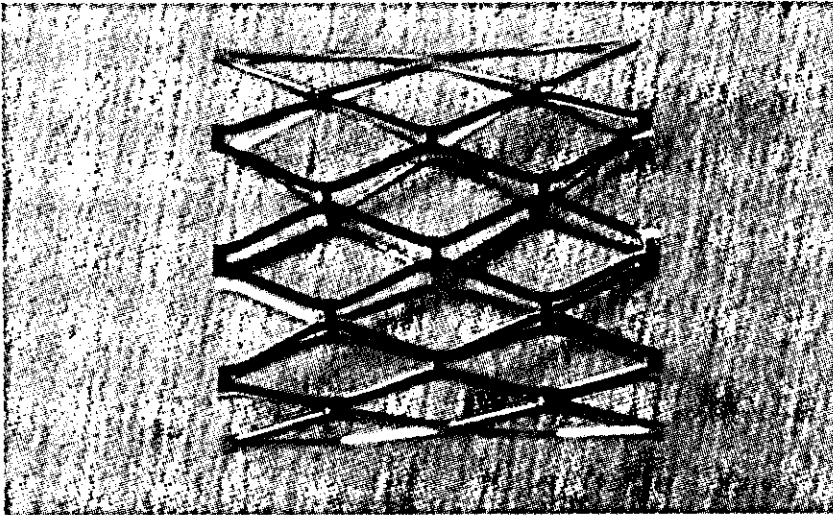


図 8

これに対し、同様に ① Goose Neck Snare Kit 15 mmとそれに付属のカテーテルによって径の縮小を試みたが、ステント径が1 mmになると、付属の回収カテの先端が（図9、10）のように、カテの先端が広がる形で高度に変形し径を小さくすることは不可能であった。

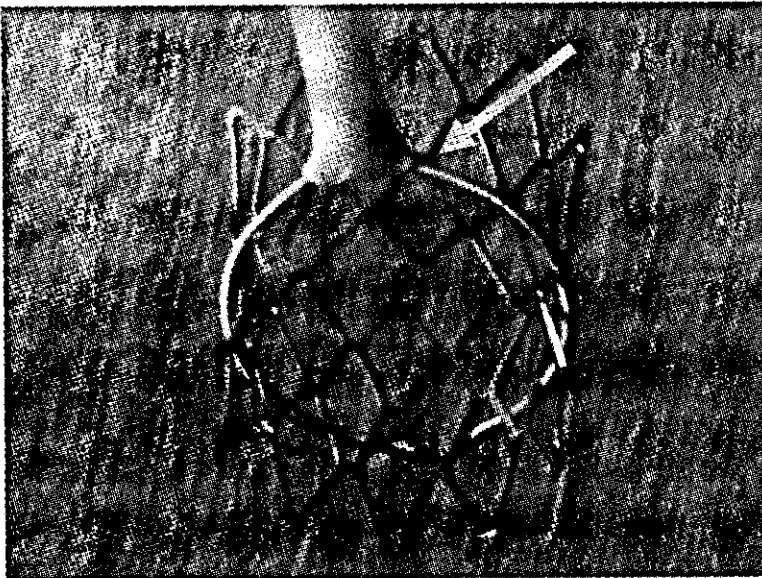


図9