

脳神経集中治療の切り札

- CAMINO Ventrix ICP monitoring system -

辻 理



辻 理 / つじ・おさむ

(株) 日立製作所日立総合病院第二脳神経外科主任医長。1958年、三重県生まれ。1984年順天堂大学医学部卒業、1990年脳神経外科認定医、1992年～1994年バージニア医科大学脳神経外科リサーチフェロー。1994年11月より現職。

1. 頭蓋内圧と頭蓋内圧測定

限られた容積の中に、容量以上のものを納めようとするとき圧力が発生します。人間の頭蓋内容積は約1,500mlですが、ほぼ同量の脳と髄液によって満たされており、ここに血液が流入することによって圧力が生じ、「頭蓋内圧」と呼ばれています。「脳圧」という言葉が使われることもありますが、厳密には異なったものであり区別しなければなりません。正常の頭蓋内圧は、血圧と同じ単位で表しますと、仰臥位（仰向けに寝た状態）では5～10mmHgとされており、呼吸や腹圧によって多少の変動はありますが、体位が変わらなければおおよそ一定に保たれています。頭蓋（冠）はいくつかの板状の頭蓋骨から構成されますが、小さな赤ん坊を除いて、頭蓋骨はお互いに固くくっついていて、その大きさは変わりません。したがって、頭蓋内の容量が増大した場合、すなわち頭蓋内への出血が起こったり、脳が腫れ上がったりすると頭蓋内圧は上昇します。この圧力が50～60mmHgを越えるようになりますと、脳が頭蓋骨から押し出されるようになり、この状態を「脳ヘルニア」と呼びます。いったん脳ヘルニアが発生しますと、生命維持に必要な脳幹の機能が損なわれ、致命的な転帰となります。また、脳ヘルニアには至らないまでも、高い頭蓋内圧が持続しますと、脳への血流が阻害される結果、脳に重大なダメージが発生し、意識障害など強い後遺症が残ってしまいます。したがって、私たち脳神経外科医にとって、頭蓋内圧を適正にコントロールすることは、治療を行ってゆく上での大きな目標となっているわけです。

頭蓋内圧をコントロールするためには、頭蓋内圧が正確に測定されていなければなりません。世界初の持続的頭蓋内圧測定は、1928年にHodgsonによって行われました。脳の内部には、脳室と呼ばれる髄液に満たされた腔があり、この中に留置したカテーテルに圧測定装置を接続することによって、脳室圧が測定されました。その後、様々な頭蓋内圧測定方法が考案されてきましたが、この方法は現在に至るまで、頭蓋内圧測定の標準的方法として広く行われています（図1）。

本法は、カテーテルを通して髄液を排出することにより、頭蓋内圧をコントロールすることができるため、頭蓋内圧測定と同時に、極めて有効な治療手段でもあります。一方、髄液を排出している

間は圧測定が不能となること、脳の腫れが強く脳室がつぶれてしまうと正確な圧が測定できなくなることなど、問題点も指摘されるようになりました。

2. CAMINO Ventrix ICP Monitoring system

1985年、CAMINO Laboratories社は、光ファイバー技術を応用した頭蓋内圧測定装置の開発に成功しました。これは直径1.3mmのカテーテル先端に、圧測定用チップを取り付けたもので、脳室内・脳実質内さらには脳の表面にも設置でき、長期間にわたって安定した連続頭蓋内圧測定ができるというものでした。

さらに、1994年Codman社から発売された頭蓋内圧センサーは、さらに細いワイヤーの先端に、微小な圧電素子を取り付けたもので、光ファイバー方式と同様に扱いやすいものとなりました。

これら2つのセンサーは非常に優れたものですが、脳室の中に留置する場合には、脳室カテーテルの内部に挿入して使用する構造になっているため、脳室カテーテルの内腔が狭くなってしまい詰まりやすくなることと、カテーテルを開放して髄液を排出している際には、圧が逃げてしまうために正確な頭蓋内圧測定ができないといった欠点を有しています。

1990年、Inner-Space社というベンチャー企業が、光ファイバー方式の新しい脳圧センサーを開発しました。基本構造はCAMINO社のセンサーと同じ形式でしたが、カテーテルがより柔軟な構造となっており、脳室カテーテルの先端にセンサーが設置されているという特徴がありました。すなわち、髄液を排出している間にも、脳室内の圧力を正確に測定できる構造になっていたわけです。設計自体は優れていたのですが、製造には高度な特殊技術が必要（先端部分は手作業で作られているとのことでした）であったため、不良品の発生率が高く、カテーテル材質の問題から髄液の漏れなどの問題が発生し、結局Inner-Space社はこのセンサーを完成させるには至りませんでした。これをCAMINO社が買収し、製品として完成させたものが、CAMINO Ventrix ICP monitoring systemです。我が国においても、1997年6月より、東機買によって供給されるようになりました。

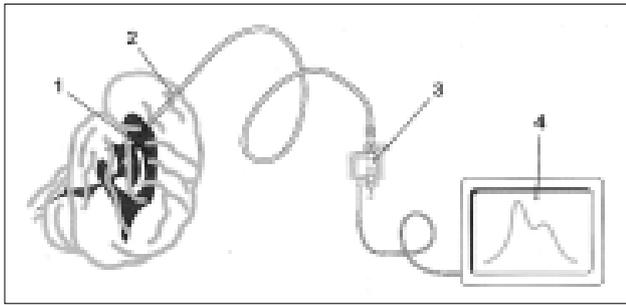


図1: 脳室内に留置したドレナージカテーテルに接続された圧トランスデューサーによって頭蓋内圧を測定する。1: 側脳室、2: 脳室カテーテル、3: 圧トランスデューサー、4: ベッドサイドモニタ

本カテーテルの断面は、図2のように4つの内腔から成っています。太い1本は髄液の排出路で、1本には光ファイバーが納められていると同時にベント孔になっており、中心には剛性を持たせるためのワイヤーが埋め込まれ、残る1本はカテーテルを刺入する際のガイド(スタイレット)を通す経路となっています。圧センサー部分はカテーテルの先端に位置しており、小さなシリコン膜が光ファイバーに接続されています。シリコン膜が圧力により変形し、反射した光に位相のずれを生じさせ、これを検知することにより圧力を測定します。カテーテル先端には、常に髄液が存在するため、脳室内髄液圧を正確に測定することが可能となっています。カテーテルを通して髄液が排出されている際にも、センサーは髄液圧を測定しているため、頭蓋内圧を正確に反映していると考えられます。

図3は、本センサーとカテーテルに接続した外部圧トランスデューサーで測定した、実際の頭蓋内圧波形です。頭蓋内圧が限界を超えて上昇したため、髄液を排除することによって頭蓋内圧を低下させていますが、その間にも、本センサーは頭蓋内圧の変化を連続的に捉えていることを示しています。

また、センサーの正確性を外部圧トランスデューサーと常に比較して確認できることも利点の一つです。一般的に圧センサーは、温度や湿度の影響を強く受けやすく、また、いったん設置されると1週間以上留置されるのが普通ですから、時間的経過とともに測定

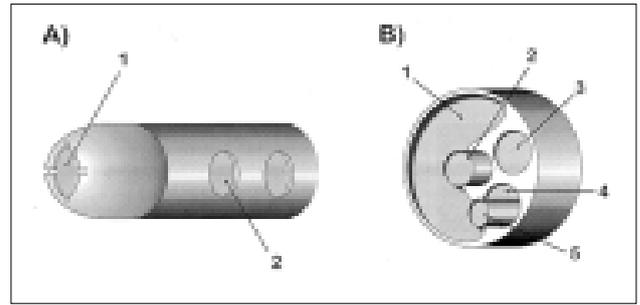


図2: CAMINO Ventrix ICP monitoring system 用脳室カテーテルの先端部分 (A) とその断面図 (B)。A-1: センサー部分 (シリコン膜)、A-2: 髄液排除用の側孔、B-1: 髄液排除用ドレナージ腔、B-2: 剛性保持用twisted wire、B-3: スタイレット腔、B-4: 大気圧代償用のベント腔、B-5: 光ファイバーセンサー部分の直径は0.75mmであり、カテーテル外径は3.3mmである。

誤差が生じる可能性は常にあると考えなければなりません。外部圧トランスデューサーの正確性を確認することは比較的容易ですので、これを基準としてセンサーの正確性を確認できることは極めて重要なことといえます。

さらに、本センサーを装着した脳室ドレナージカテーテルは、特定保険医療材料としての認定を受けています。上述しましたように、持続的頭蓋内圧測定は、重症脳損傷患者において、治療の方向性を決める上でも、また治療が適切に行われているかどうかを検証する上でも、極めて重要な手段ですが、健康保険で認められている診療報酬は1日400点(4000円)とされています。本センサー以外の頭蓋内圧測定装置は、すべて保険適応外とされていたため、数万円にものぼるコストを賄うことはできず、たとえ治療上必要であっても、経済的な点から施術できないことがありました。このことが、持続的頭蓋内圧測定を一般的に行うための阻害因子となっている点も見逃せません。

本センサーが、より多くの医療施設における持続的頭蓋内圧測定のルーチン化の一助となり、重症脳損傷患者の生命・機能的予後の改善に大きな役割を果たすことを期待しています。

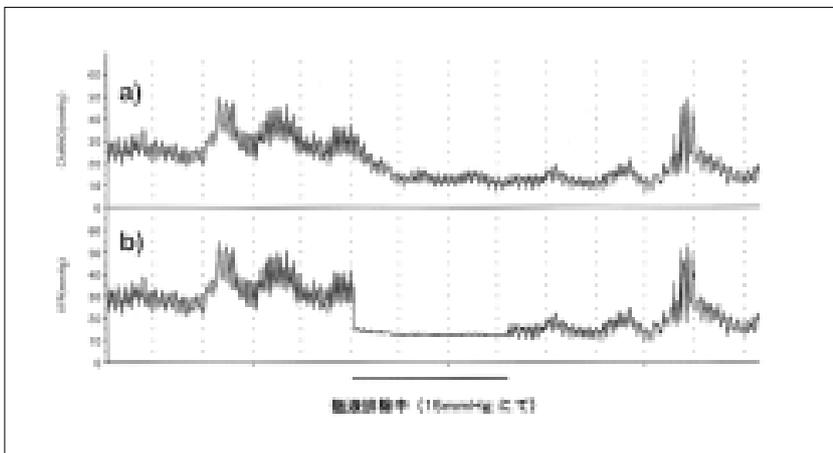


図3: 上段の波形 a) はCAMINO Ventrix ICP monitoring system、下段 b) は脳室ドレナージチューブに接続した体外式圧トランスデューサーにて記録。頭蓋内圧が高値 (>30mmHg) となったため、髄液を排除して圧降下を図っている。その間、b) では頭蓋内圧は測定不能で、髄液開放圧のみが記録されている。それに対して、a) では頭蓋内圧降下の様子が正確に記録されている。