脳動脈瘤の治療における XperGuide 脳神経外科手術の有用性

足立 秀光¹⁾, 坂井 信幸¹⁾, 今村 博敏¹⁾, 上野 泰¹⁾, 國枝 武治¹⁾, 坂井 千秋²⁾,
小柳 正臣¹⁾, 蔵本 要二¹⁾, 梶川 隆一郎¹⁾, 重松 朋芳¹⁾, 石井 暁¹⁾, 五百蔵 義彦¹⁾,
今堀 太一郎¹⁾, 芝田 純也¹⁾, 千原 英夫¹⁾

1) 神戸市立医療センター中央市民病院脳神経外科, 2) 先端医療センター病院脳血管内治療科

Usefulness of XperGuide Neurosurgery for Acute Hydrocephalus associated with Intracranial Aneurysms

Hidemitsu Adachi, M.D.¹⁾, Nobuyuki Sakai, M.D.¹⁾, Hirotohi Imamura, M.D.¹⁾, Yasushi Ueno, M.D.¹⁾,
Takeharu Kunieda, M.D.¹⁾, Chiaki Sakai, M.D.²⁾, Masaomi Koyanagi, M.D.¹⁾, Yoji Kuramoto, M.D.¹⁾,
Ryuichiro Kajikawa, M.D.¹⁾, Tomoyoshi Shigematsu, M.D.¹⁾, Akira Ishii, M.D.¹⁾, Yoshihiko Ioroi, M.D.¹⁾,
Taichiro Imahori, M.D.¹⁾, Sumiya Shibata, M.D.¹⁾, and Hideo Chihara, M.D.¹⁾

1) Department of Neurosurgery, Kobe City Medical Center General Hospital, 2) Division of Neuroendovascular Therapy, Institute of Biomedical Research and Innovation Hospital

Recently, a new neuroangiography system equipped with a flat-panel X-ray detector (FPD) capable of taking cone-beam CT images, the XperCT from Philips C-arm, was introduced. It overlays live fluoroscopy and XperCT imaging data to provide real time information on the needle pathway and target during surgery. We report our experience using this XperGuide technology for acute hydrocephalus associated with intracranial aneurysm in 8 cases. All XperGuide assisted neurosurgery were successful without any technical and neurological complications. XperGuide assisted neurosurgery provides real time visualization of surgical equipment and achieves accurate positioning, and contributes improved working flow and patient care.

(Received July 2, 2013 ; accepted August 26, 2013)

Key words : XperGuide neurosurgery, hydrocephalus, FPD, cone-beam CT, coil embolization
Jpn J Neurosurg (Tokyo) 23 : 325-330, 2014

緒 言

脳血管撮影装置の改良が進み、現在フラットパネルを X 線検出器として搭載した装置が普及してきている。フラットパネルを搭載した脳血管撮影装置では、骨や血管などのような高コントラスト領域の撮像だけでなく、一般の CT 装置のように脳室や腫瘍といった、低コントラスト領域の撮像を行うことも可能となった¹⁾。PHILIPS 社製の脳血管撮影装置を用いて通常の CT 様の画像を作

成する機能は、XperCT と呼ばれている。

PHILIPS 社製 Allura Xper FD20, FD20/10 には、XperCT で得られた CT 画像情報と透視情報を fusion させ、透視下でリアルタイムに視認しながら目的部位へ手術機器等を誘導することを可能とする手術支援機能が搭載され、この機能を利用して行う手術を XperGuide surgery と呼ぶ。

今回、この XperGuide を用いて、脳動脈瘤に伴う急性水頭症に対して血管造影室で脳室ドレナージ術を行い、

連絡先：足立秀光，〒650-0047 神戸市中央区港島南町 2-1-1 神戸市立医療センター中央市民病院脳神経外科
Address reprint requests to : Hidemitsu Adachi, M.D., Department of Neurosurgery, Kobe City Medical Center General Hospital, 2-1-1 Minatojima-minamimachi, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 650-0047, Japan

A/B
C/D

Fig. 1 XperGuide overview

- A : XperGuide procedure : (1) target point, (2) entry point, (3) direction of puncture.
 B : Selection of target point (tip of ventricular drainage tube : dot).
 C : Selection of entry point (position of burr hole : ring).
 D : Direction of puncture (needle track : line) .

良好な成績と患者のワークフローの改善を得たので、その有用性について報告する。

対象と方法

2007 年 8 月～2010 年 11 月まで、当科で XperGuide を用いて治療を行った脳動脈瘤 8 症例、10 手技を対象とした。いずれの症例も、脳動脈瘤塞栓術後に急性水頭症に対して緊急脳室ドレナージ術が必要であった。

XperGuide 脳室ドレナージ術の実際

① 手術の準備

当院の脳血管撮影室は、HEPA フィルタを使用して空気浄化を行い、周辺諸室に対して適切な空気圧と気流の方向を維持できる機能を持ち、一般手術室の清潔度と同等である。また当手術については、患者家族に目的と危険性を口頭で説明し、通常の手術と同様に同意書を取得した。脳動脈瘤に対する脳血管内治療後、患者を移動させず脳血管撮影検査台上で穿頭術ができるように、手術

器具を用意し、頭部を消毒する。

② XperCT 検査

頭皮に皮切を設け、穿頭術を行い、脳血管撮影装置を用いて XperCT 検査を行う。

③ 穿刺計画

得られた XperCT 画像データをもとに、ワークステーション上で穿刺計画を行う。(1) 目的部位 (target point) を選択し [Fig. 1A (1), 1B], (2) 穿刺部 (entry point) を選択すると [Fig. 1A (2), 1C], (3) 穿刺方向が決定される [Fig. 1A (3), 1D]. この時, entry view と progress view の 2 つの方向を決定する。この時注意しなければならないことは、脳血管撮影装置のアームの可動制限により、タウン方向は約 30 度までに制限されることである。そのため、できるだけ低い位置に burr hole を設け、アームの可動範囲に余裕をもたせる必要がある。手術時に頸部をできるだけ屈曲させる体位をとり、低い位置に burr hole を設けることでアームの可動範囲を広くとる工夫をしている。

Entry view とは、目的部位 (target point) と穿刺の進行方向に沿ってフラットパネルを合わせることにより得られる方向のことである。穿刺部と目的部位が一致する方向に透視画面を合わせ穿刺することにより、正しい穿刺方向を得ることができる (Fig. 2A)。

Progress view とは、穿刺部と目的部位を結ぶ進行方向の垂直にフラットパネルを合わせることにより得られる方向のことである (Fig. 2C)。この方向で透視すると、穿刺の角度と深さをリアルタイムに観察でき、目的部位に到達したことが確実に確認できる。

④ Entry view で穿刺

透視画像に XperCT 画像データを重ね合わせた後、フラットパネルを entry view に移動する。穿刺部 (entry point) である burr hole から目的部位の方向に、透視画像を見ながら垂直になるように穿刺を行っていくと、目的部位の方向に正確に合わせることができる (Fig. 2B)。

⑤ Progress view の併用

Progress view に移動すると、穿刺針の角度と深さを確認することができる (Fig. 2D)。術者は方向を変えないように注意しながら、この方向で穿刺を行うことにより、正確に目的部位まで到達することができる。Progress view は、フラットパネルやアームが横方向になることが多く、術野や術者の可動範囲が制限される可能性があり、

穿刺方向の移動や清潔操作に注意する必要がある。

⑥ XperCT 検査

術後、目的部位に脳室ドレナージチューブの先端を誘導できたか、術後出血等の異常がないかどうか、XperCT 検査で確認する。

結 果

経験した症例は女性 6 例、男性 2 例で、年齢は 55～83 歳、平均 71.9 歳、中央値 74 歳であった。くも膜下出血 7 例、巨大脳底動脈瘤 1 例で、いずれも急性水頭症を合併しており、瘤内塞栓術に続き XperGuide 脳室ドレナージ術（うち 2 例は両側）を施行した。全例で XperGuide 手術は成功し、意図した部位にドレナージチューブの先端を、安全に誘導留置することが可能であった（Table 1）。また、創部感染や髄膜炎などの術後感染症は認めなかった。

代表症例（Table 1: Case 7）

症 例：63 歳、男性

主 訴：意識障害、歩行障害

現病歴：2006 年 12 月に、脳底動脈血栓化巨大動脈瘤に対して瘤内コイル塞栓術を行った。2009 年 5 月頃から歩行障害が出現し徐々に悪化した。同 6 月 1 日、緊急頭部 CT 検査で、脳動脈瘤の増大による脳幹への圧迫所見の増悪、脳室拡大を認めたため、同日緊急入院した。

既往歴、家族歴：特記すべきことなし

入院時神経学的所見：意識レベル JCS-1、歩行障害

入院時神経放射線学的所見：頭部 CT でくも膜下出血は認めなかったが、脳動脈瘤の増大に伴う脳幹への圧迫所

見、および脳室拡大を認めた（Fig. 3A）。

脳血管撮影検査：Coil compaction によるコイル塞栓部の再開通、および脳動脈瘤の増大を認めた（Fig. 3B）。

入院後経過：急性水頭症に対して、脳室ドレナージ術が必要と考えられた。しかし、coil compaction、脳動脈瘤の増大を認め、脳室ドレナージによる急な頭蓋内圧変化による動脈瘤破裂が危惧されたため、脳室ドレナージ術前にコイル再塞栓術を行った。その後、脳動脈瘤に対す

Fig. 2 Entry view and progress view

A : Entry view

B : Accurately position needle in entry point and align needle angle.

C : Progress view

D : Follow the needle progress until the planned target is reached and check the angle.

Table 1 Case summary (8 cases/10 procedures)

Case	Age	Sex	Diagnosis	Side	Procedure
1	77	F	SAH (G3) : ICA-Pcom aneurysm	R	VD after IVR
2	79	F	SAH (G5) : Acom aneurysm	L	VD after IVR
3	55	M	SAH (G5) : BA trunk aneurysm	R	VD after IVR
4	70	F	SAH (G5) : ICA Ach aneurysm	R	VD after IVR
5	75	F	SAH (G5) : VAD aneurysm	R/L	VD after IVR
6	83	F	SAH (G5) : BA-SCA aneurysm	R	VD after IVR
7	63	M	Giant aneurysm : BA-SCA	R	VD after IVR
8	73	F	SAH (G5) : BA tip	R/L	VD after IVR

SAH : subarachnoid hemorrhage, G : WFNS SAH grading scale, VD : ventricular drainage, IVR : interventional radiology, ICA : internal carotid artery, Pcom : posterior communicating artery, Acom : anterior communicating artery, BA : basilar artery, Ach : anterior choroidal artery, VAD : vertebral artery dissection, SCA : superior cerebellar artery

A/B
C/D

Fig. 3 Case 7 (CT scan and angiogram)

- A : CT scan before coil embolization and ventriculostomy.
B : Angiogram before coil embolization.
C : Angiogram after coil embolization.
D : CT scan after ventriculostomy, tip of drainage is placed at the foramen of Monro.

る脳室ドレナージチューブによる損傷を極力避ける必要があると考え、XperGuide 手術を行うことにした。

手術：抗血小板剤 2 剤内服，抗凝固下に，脳動脈瘤に対してコイル再塞栓術を行った。Simple technique で瘤内コイル塞栓術を行い，動脈瘤は良好に塞栓された (Fig. 3C)。塞栓術後，抗凝固療法を継続したまま，脳血管撮影室で XperGuide 脳室ドレナージ術を行った。1 回の穿刺で正確に脳室穿刺を行うことができ，目的の部位にドレナージチューブの先端を誘導することができた (Fig. 3D)。

術後経過：術後，水頭症に伴う意識障害，歩行障害は改善した。第 10 病日に VP シヤント術を行い，第 58 病日に回復期リハビリテーション病院へ転院した。

考 察

Braak ら³⁾は，139 症例 145 病変（上位胸部 13.1%，下位胸部 12.4%，上部腹部 44.8%，下部腹部 9.0%，筋肉・

骨 20.7%）に対して，XperGuide を用いて生検術や摘出術を行い，短時間で安全に手技を行うことができ，有用であったと報告している。XperGuide を用いた手術は，骨盤，脊椎や他の骨部への生検，電極挿入^{4)8)~10)}，椎体形成術¹¹⁾など，頭蓋外領域での手術報告はあるが，頭蓋内への報告は少ない⁵⁾¹²⁾。

Cooke ら⁵⁾は，2010 年に，XperGuide を脳室ドレナージ術に用いた 1 例を報告しているが，これが XperGuide を頭蓋内手術に用いた最初の報告であると述べている。また，Tsibirov ら¹²⁾は，XperGuide で，脳神経外科領域の手術を行うことにより，患者の移動なしに脳血管撮影室で手術を行うことができ，術中・術後の合併症の軽減に役立っていると報告している。

XperGuide 脳室ドレナージ術の大きな利点は，実際に脳室ドレナージを行うまでの時間短縮を図れることである。脳血管内手術，診断目的の脳血管撮影検査を行った後，患者を手術室に移動する必要がない。XperCT 検査で脳室拡大の状態を確認し，すぐに手術に移行できる。そのため，手術室搬送までのリスクを軽減することができ，手術室が使用できるようになるまで待機する必要もない。脳室ドレナージまでの時間短縮は，迅速な頭蓋内圧のコントロールにつながり，病態の改善を速やかに得て患者の転帰を改善するための大きな利点と考えられる。

脳室ドレナージ術後の出血性合併症について，Binz ら²⁾は，過去の文献をもとに meta-analysis を行っている。その結果，1,790 手技中 102 例 (5.7%) に出血性合併症を認めたと報告している。このうち，11 例 (0.61%) に臨床症状の悪化を認めたと報告しているが，血管内治療中は抗凝固療法が必須であり，術直後は抗凝固療法を継続または自然中和することが多く，出血性合併症の危険が通常より高い。また，抗血小板剤投与も併用することがあり，血管内治療直後は，凝固・止血機能が低下している状態にあると考えられるため，小出血であっても血腫の増大により，重篤な合併症を引き起こす可能性がある。XperGuide を用いれば，1 回の穿刺で容易に目的部位に到達でき，多数回穿刺に伴う出血性合併症を減少させることが可能である。

また，頭蓋内圧が非常に高い場合や，若年者などで頭蓋内圧が高く，脳室ドレナージが必要であるにもかかわらず，脳室拡大が軽度で，脳室穿刺が困難と考えられる場合も，脳室穿刺が容易になると考えられ，短時間で正確にドレナージを設置でき，多数回穿刺に伴う合併症を減少させることができる。

さらに，代表症例 (Case 7) の巨大脳動脈瘤のように，

脳室周囲に動脈瘤や脳腫瘍のような脳室穿刺にとって危険な構造物が存在している場合には、これらの構造物を避ける方向に脳室ドレナージチューブを誘導することが可能となる。脳室穿刺はブラインドで行う手技であるが、透視で確認しながら、XperGuide を用いて脳室ドレナージを行うことにより、より安全で正確な手技となる。また、術中および術直後に、XperCT 機能を用いて CT 検査を行い、ドレナージチューブの位置の確認や、出血など合併症が生じていないかどうかの情報もすぐに得ることができる。

以上のように、XperGuide 脳室ドレナージ術は多くの利点があるが、問題点もいくつか存在する。一番の問題は、ワークステーションで位置情報を計算した後に、患者の頭部が動くと言情が不正確になることである。定位手術のように頭部を固定器に固定しているわけではないので、局所麻酔であれば、頭部は容易に動く。しかし、当施設でのくも膜下出血症例は全例全身麻酔を導入しておりその心配はなかった。また、1 方向の透視しか使用できないため、entry view と progress view の両方向を同時に見ることはできない。そのため、一方ですれを修正した時に、他方がブラインドであるため垂直方向にずれても気がつかない可能性があることに注意する必要がある。さらに、entry view で穿刺を開始し、progress view に C アームを移動させるときに、術者のワーキングスペースが制限される場合があることにも注意しなければならない。

次に、術者と患者の放射線被曝の問題を考慮しなければならない。XperCT 時の被曝線量について、Damet ら⁶⁾の頭部ファントムモデルを用いた、petrous bone をターゲットとした時の実験データによれば、multislice CT で petrous bone 95.6 mGy, lens 39.5 mGy, thyroid 2.0 mGy, XperCT (600 images per rot) で petrous bone 35.2 mGy, lens 18.4 mGy, thyroid 1.9 mGy, 3DRA で petrous bone 3.4 mGy, lens 1.5 mGy, thyroid 0.2 mGy であったと報告しており、一般的な CT 検査より被曝線量は少ない。また、検査や治療と異なり、手技中に撮影モードを使用することはなく、透視モードを短時間使用する XperGuide 手術で増加する線量はわずかであり、臨床的に問題ない。

以前は、一般の CT 画像に比べ、XperCT 画像の quality が低いと指摘されていた。しかし、くも膜下出血や脳室の評価には問題なかったとの報告もあり⁷⁾、実際今回の症例でも特に問題を認めなかった。画質の向上については、今後ソフトのバージョンアップや開発により期待できる。今回のような、脳室ドレナージ術のために使用する XperGuide 手術には、現在でも十分な画像の qual-

ity であった。

今後、改善すべき点はあるが、XperGuide 手術の経験が増加していけば、XperGuide を利用した脳神経外科領域の手術適応は広がっていくと考えられる。脳出血に伴う急性水頭症、脳室拡大が軽度な水頭症の脳室ドレナージ術や、脳膿瘍の膿瘍ドレナージ術への応用がまず考えられる。さらに、脳内出血の血腫除去術や脳腫瘍の腫瘍生検術など、定位手術に準じる適応に拡大していく可能性も期待できるものと考ええる。

結 語

脳動脈瘤を合併した急性水頭症に対して、脳動脈瘤塞栓術後に患者を移動することなく血管撮影室で XperGuide 手術によって脳室ドレナージを行った。全例、合併症なく目的部位にドレナージを留置できた。XperGuide 脳神経外科手術は、広い可能性を有する手術支援機能として期待できる。

文 献

- 1) Akpek S, Brunner T, Benndorf G, Strother C: Three-dimensional imaging and cone beam volume CT in C-arm angiography with flat panel detector. *Diagn Interv Radiol* **11**: 10-13, 2005.
- 2) Binz DD, Toussaint LG 3rd, Friedman JA: Hemorrhagic complications of ventriculostomy placement: a meta-analysis. *Neurocrit Care* **10**: 253-256, 2009.
- 3) Braak SJ, van Strijen MJ, van Leersum M, van Es HW, van Heesewijk JP: Real-Time 3D fluoroscopy guidance during needle interventions: technique, accuracy, and feasibility. *AJR Am J Roentgenol* **194**: 445-451, 2010.
- 4) Carrafiello G, Fontana F, Mangini M, Ierardi AM, Cotta E, Floridi C, Piacentino F, Fugazzola C: Initial experience with percutaneous biopsies of bone lesions using XperGuide cone-beam CT (CBCT): technical note. *Radiol Med* **117**: 1386-1397, 2012.
- 5) Cooke DL, Levitt M, Kim LJ, Hallam DK, Ghodke B: Transcranial access using fluoroscopic flat panel detector CT navigation. *AJNR Am J Neuroradiol* **32**: E69-70, 2011.
- 6) Damet J, Sans-Merce M, Miéville F, Becker M, Poletti PA, Verdun FR, Baechler S: Comparison of organ doses and image quality between CT and flat panel XperCT scans in wrist and inner ear examinations. *Radiat Prot Dosimetry* **139**: 164-168, 2010.
- 7) Doelken M, Struffert T, Richter G, Engelhorn T, Nimsky C, Ganslandt O, Hammen T, Doerfler A: Flat-panel detector volumetric CT for visualization of subarachnoid hemorrhage and ventricles: preliminary results compared to conventional CT. *Neuroradiology* **50**: 517-523, 2008.
- 8) Leschka SC, Babic D, El Shikh S, Wossmann C, Schumacher M, Taschner CA: C-arm cone beam computed tomography needle path overlay for image-guided procedures of the spine and pelvis. *Neuroradiology* **54**: 215-223,

- 2012.
- 9) Mulder L, van Rietbergen B, Noordhoek NJ, Ito K: Determination of vertebral and femoral trabecular morphology and stiffness using a flat-panel C-arm-based CT approach. *Bone* **50**: 200-208, 2012.
 - 10) Racadio JM, Babic D, Homan R, Rampton JW, Patel MN, Racadio JM, Johnson ND: Live 3D guidance in the interventional radiology suite. *AJR Am J Roentgenol* **189**: 357-364, 2007.
 - 11) Tam AL, Mohamed A, Pfister M, Chinndurai P, Rohm E, Hall AF, Wallace MJ: C-arm cone beam computed tomography needle path overlay for fluoroscopic guided vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* **35**: 1095-1099, 2010.
 - 12) Tsibirov AA, Svistov DV, Kandyba DV, Savello AV, Kravtsov MN, Landik SA: Initial experience of using XperCT in neurosurgery. *Vestn Khir Im I I Grek* **170**: 84-90, 2011. (Article in Russian)

要 旨

脳動脈瘤の治療における XperGuide 脳神経外科手術の有用性

足立 秀光 坂井 信幸 今村 博敏 上野 泰
 國枝 武治 坂井 千秋 小柳 正臣 蔵本 要二
 梶川隆一郎 重松 朋芳 石井 暁 五百蔵義彦
 今堀太一郎 芝田 純也 千原 英夫

フラットパネルを搭載した血管撮影装置で収集可能な CT 画像と X 線透視情報を統合し、正確な位置情報を視認しながら X 線透視下に血管撮影室で手術を行う XperGuide 手術を、脳動脈瘤に合併した急性水頭症 8 例に行った。全例に合併症なく脳室ドレナージ術を行い、1 回の穿刺で、目的部位に正確にドレナージを留置することができた。

今回の結果から、XperGuide 脳神経外科手術は、脳出血や脳膿瘍、脳腫瘍などにも応用可能な画像支援手術として期待できる可能性が示唆された。

脳外誌 23 : 325-330, 2014

Editorial Comment

穿頭脳室ドレナージ術の新技术

杏林大学脳神経外科脳卒中センター 塩川芳昭

穿頭脳室ドレナージ術は脳神経外科手術手技の最も基本的な手法であり、古くから解剖学的ランドマークに基づいたさまざまな穿刺方法が確立しているが、最近の画像診断や手術シミュレーションの進歩にもかかわらず、脳室チューブ先端の位置を術前から決定し、そこへ正確に刺入する手技について検討した報告は少ない。

著者らの手法は、血管撮影装置で収集可能な CT

画像と X 線透視情報を統合し、正確な位置情報をリアルタイムに視認しながら X 線透視下に血管撮影室で脳室穿刺を行ったものである。単に患者の手術室への移動が不要になるのみならず、著者らの set-up で血管病変を避けて正確に脳室穿刺を行おうとする試みは、抗血栓療法の効果が反映している血管内治療症例には大きな利益があると考えられる。