

拡散テンソルtractographyの検証を目的としたファントムの作成

渡辺 慎 増谷 佳孝 青木 茂樹 森 壘
阿部 修 林 直人 増本 智彦 山田 晴耕
吉川 健啓 梶沢 宏之 大友 邦

東京大学医学部放射線科

In-vitro Phantoms for Estimating Diffusion Tensor Tractography

Makoto Watanabe, Yoshitaka Masutani,
Shigeki Aoki, Harushi Mori, Osamu Abe,
Naoto Hayashi, Tomohiko Masumoto,
Haruyasu Yamada, Takeharu Yoshikawa,
Hiroyuki Kabasawa, and Kuni Ohtomo

No literature has reported on *in-vitro* diffusion tensor tractography, although it is a useful method to visualize neuronal fiber projections in the living human brain. We applied this technique to phantoms of asparagus stems and bundled polyester yarn, and obtained tractography with high-quality images. On the asparagus stem phantom, straight tracts along the axis were displayed. On the polyester phantom, these tracts followed the course of the bundle whether it was straight or curved. These phantoms are useful for *in-vitro* evaluation of diffusion tensor tractography.

Research Code No.: 501.9

Key words: MR imaging, Diffusion, Tensor, Tractography, Phantom

Received Jan. 14, 2005; revision accepted Apr. 1, 2005
Department of Radiology, University of Tokyo

別刷請求先
〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学医学部放射線科
渡辺 慎

はじめに

生体の脳白質には線維方向に沿った拡散異方性があり、拡散テンソル画像で解析できる。われわれは3次元コンピュータグラフィックスの手法を利用して、拡散テンソル tractography (diffusion tensor tractography, DTT)を開発し発表した¹⁾。その検証には拡散異方性をもつファントムが必要であるが、確立されたものはない。今回、入手が容易な材料を用いたファントムにより、*in vitro*でも良好なDTTの描出が可能となったため報告する。

方 法

実験材料として、生のアスパラガス茎および糸を用いた2種類のファントムを作成した。アスパラガス茎については、あらかじめ水に浸し内部の空気を抜いた後、円筒形のプラスチック容器に収容し、周囲を寒天ゲル(寒天4gに対して温水500mlの割合で混合)で固めたファントムを作成した(Fig. 1)。糸は市販のミシン糸(ポリエステル100%, 太さ70デニール)を使用した。直径1cmほどの糸の密な束を作成後、ケーブル整理用の結束チューブを連続的に巻き付け圧迫・固定し、円筒形のプラスチック容器(直径8cm, 上下15cm)に収容し、周囲を水で満たしたファントムを作成した(Fig. 2)。

撮像にはGE社製Signa Horizon LX 1.5Tを用い、echo planar imagingによる拡散テンソル画像の収集は以下のパラメータで行った: TR/TE=6000/78.3ms, 3mm厚, gapless, FOV 20×20cm, NEX=4, matrix 128×128, b=1000s/mm², MPG:13軸。

得られた画像データに対してGE社製Advantage Workstation 4.0の歪み補正機能を適用した後、汎用表示フリーソフトウェアVolume-One^{a)}とわれわれの開発したプラグインdTV^{b)}によってDTTを描出した。具体的には、アスパラガス茎および糸の束の断面に関心領域を設定し、領域内の多数の開始点から拡散係数の最大方向を追跡し得るかを検討した。



Fig. 1 Phantom of asparagus stems.



Fig. 2 Phantom of bundled polyester yarn (spirally twisted).



Fig. 3 Tractography of the asparagus phantom.



Fig. 4 Tractography of the polyester yarn phantom (spirally twisted).

結 果

アスパラガス茎、ポリエステル束いずれのファントムとも、DTTの描出が可能であった。アスパラガス茎では、軸と平行な方向に直線状のDTTが局所的な異方性の低下なしに描出された(Fig. 3)。ポリエステル束では、直線状のファントムについてはアスパラガス茎と同様の線が描出された。さらに、らせん状に加工したファントムについては、曲がった糸の走向に沿ったDTTの描出が認められた(Fig. 4)。

考 察

生体神経線維での拡散異方性はよく知られているところ

であり、DTTを含めた拡散テンソル解析の対象となっている。ただし*in vivo*の神経組織以外のDTTについては文献上の報告がなく、その正確な再現は現状では困難となっている。

拡散異方性に関しては、アスパラガス茎についての検討が知られている²⁾。今回のわれわれの実験では、異方性が報告されているアスパラガス茎ファントムにおいてDTTの描出が可能であった。また、より均質な素材である糸でもファントムの作成が可能であり、直線状以外に加工した検体についてもDTTの描出に成功した。これらのファントムで拡散異方性の生じる正確な機序は不明であるが、いずれの材料も入手・加工が容易であり、*in vivo*でDTTを検証する上で有用と思われる。

文 献

1) 増谷佳孝, 阿部 修, 青木茂樹, 他: MR拡散テンソル画像の解析による脳白質神経線維追跡: 追跡の信頼性を考慮した選択的Tractography. Med Imag Tech 20: 584-592, 2002

2) Boujraf S, Luypaert R, Eisendrath H, et al: Echo planar magnetic resonance imaging of anisotropic diffusion in asparagus stems. MAGMA 13: 82-90, 2001

参考URL

a) <http://www.volume-one.org>

b) <http://www.ut-radiology.umin.jp/people/masutani/dTV.htm>