

3D MR cisternography/angiography fusion imaging による 脳底部脳主幹動脈狭窄性病変の画像評価*

佐藤 透¹⁾ 小坂 章¹⁾ 尾美 賜²⁾ 大迫 知香²⁾

Fusion Imaging of the 3D MR Cisternography/Angiography for the Assessment of the Intracranial Major Cerebral Arterial Stenosis

Toru SATOH¹⁾, Akira KOSAKA¹⁾, Megumi OMI²⁾, Chika OHSAKO²⁾

1) Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

2) Department of Diagnostic Radiology, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

The fusion imaging of the 3D MR cisternography (MRC) and 3D MR angiography (MRA) was applied for the assessment of the major cerebral arterial stenosis. The outer wall configurations of the stenotic lesions of the intracranial major cerebral arteries within a cisternal space were depicted by 3D MRC. Flow-related vascular structures were shown by 3D MRA. Fusion imaging was created by compositing volumetric data of MRC and co-registered MRA by using a workstation with transparent perspective volume-rendering technique. Stenotic lesions of the intracranial cerebral arteries were assessed as a discrepancy of 3D MRC and 3D MRA findings on a fusion image. Fusion imaging of 3D MRC/MRA could visualize stenotic lesions of the intracranial major cerebral arteries caused by atherosclerotic plaques; and this may provide useful information in the management of acute and chronic ischemic stroke caused by atherosclerosis of the intracranial major cerebral arteries.

(Received : October 31, 2005, Accepted : January 6, 2006)

Key words intracranial cerebral atherosclerosis, ischemic stroke, MR angiography, MR cisternography, three-dimensional reconstruction

No Shinkei Geka 34(6): 591 - 596, 2006

I. はじめに

脳底部脳主幹動脈のアテローム動脈硬化に起因する壁在 plaque は、その成長、破綻により脳梗塞を引き起こす^{1,2)}。アテローム血栓性脳梗塞は、虚血性脳血管障害の8~10%を占め²⁾、北米、ヨーロッパ系に比べてアジア系住民でより高い発

生率が報告されている¹⁰⁾。最近では、薬物治療が無効な症候性狭窄例(>50%)に対して、stentingを含めたballoon angioplastyによる血管内治療を積極的に行うことが推奨されている²⁾。

われわれは、これまで、three-dimensional (3D) MR cisternography (MRC) と 3D MR angiography (MRA), 3D CT angiography (CTA) とを対比する

*(2005. 10. 31 受稿, 2006. 1. 6 受理)

1) 医療法人社団) 涼風会 佐藤脳神経外科 脳神経外科, 2) 同 診療放射線科

(連絡先) 佐藤 透=医療法人社団) 涼風会 佐藤脳神経外科 (〒729-0104 広島県福山市松永町5丁目23-23)

Address reprint requests to : Toru SATOH, M.D., Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital, 5-23-23 Matsunaga-cho, Fukuyama, Hiroshima 729-0104, JAPAN

E-mail : ucsfbtrc@urban.ne.jp

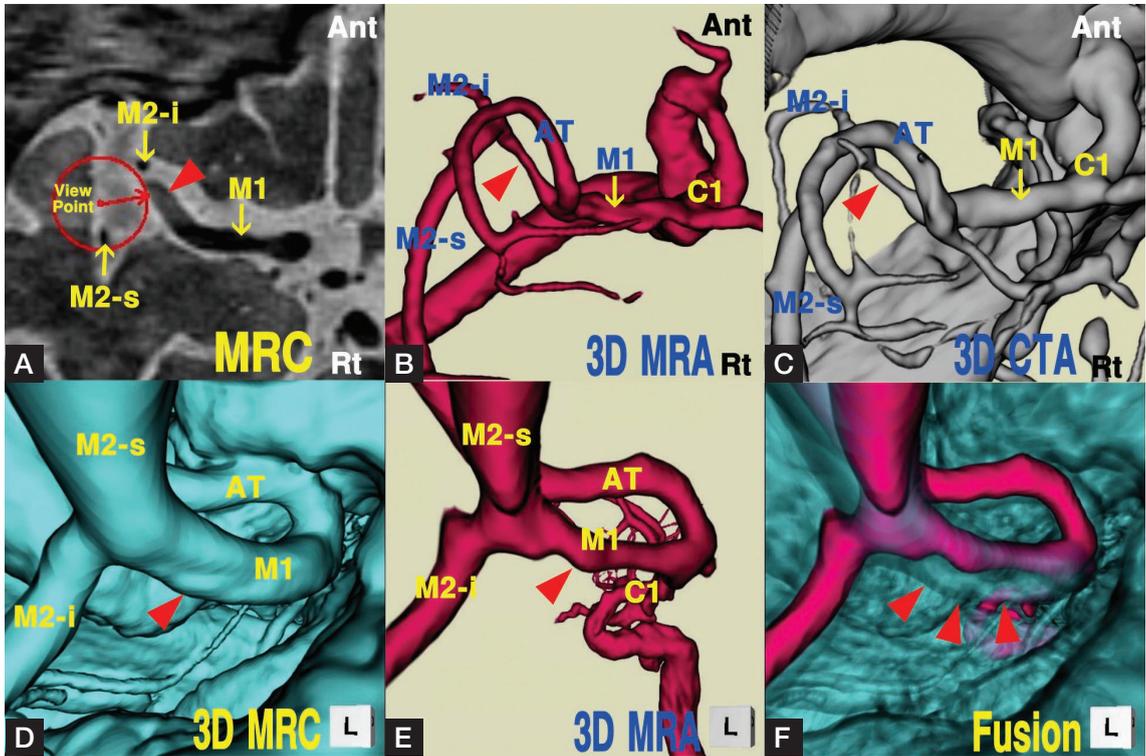


Fig. 1 (Case 1): Symptomatic stenosis of the left middle cerebral artery (M1). The source image of MRC (A) shows the left middle cerebral artery (M1) as a profoundly low signal intensity structure with a slightly low signal intensity area (arrowhead) at the terminal portion. The 3D MRA (B), superoinferior projection with parallel volume-rendering algorithm, shows the stenotic portion of the M1 (arrowhead). The 3D CTA (C), similar projection as to 3D MRA in B, shows the stenosis (arrowhead) of the terminal M1. The 3D MRC (D), viewed from the left side of the sylvian cistern (encircled arrow in A) and reconstructed by perspective volume-rendering algorithm, depicts the outer wall configuration of the M1-M2 with juxtacisternal anatomical structures. Contour of the stenotic portion shows irregular shape (arrowhead). The 3D MRA (E), the same projection as to the 3D MRC in D, shows arterial structures of the corresponding area, including M1 stenosis (arrowhead). The fusion image of 3D MRC/MRA (F), composite of D and E, depicts the discrepancy (arrowheads) of the outer wall image and flow-related image at the stenotic M1 region. **M1**: the first segment of the middle cerebral artery, **M2-i**: inferior branch of the second segment of the middle cerebral artery, **M2-s**: superior branch of the second segment of the middle cerebral artery, **C1**: the first segment of the anterior cerebral artery, **AT**: anterior temporal artery.

ことで、脳底部脳主幹動脈の狭窄・閉塞性病変を評価してきた⁴⁾。今回、3D MRCと3D MRAとの融合画像(3D MRC/MRA fusion image)を作成し^{6,7,9)}、アテローム動脈硬化による頭蓋内脳主幹動脈の狭窄性病変を血管外壁形態とともに立体的に画像評価したので、fusion imagingによる画像解析技術を報告し、その利点と問題点につき検討した。

II. 画像解析技術

MRCは、MR臨床機(Signa HiSpeed 1.0T, General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA)を使用して、T2-weighted 3D fast spin-echo (FSE) sequence, repetition time (TR) 4000 ms/echo time (TE) 160 ms, echo train length 128回, 256 × 256 matrix, 0.6 mm thickness, 0.6 mm slice interval, 16-cm field of view, number of excitations 1回, total scan time 13分23秒の撮影

条件で、計96枚の連続した軸位元画像(volumetric data)を取得した。3D MRCは、ワークステーション(Zio M900 Quadra, AMIN, 東京)で、3D volume-rendering data setから、遠近投影 volume-rendering法を使用して再構成作成した。元画像での信号強度分布のhistogramから、脳主幹動脈外壁境界に相応する信号強度を決定し、閾値420~400(100% opacity level)から400~380(0% opacity level)に減少する下り坂関数(window width 20)を用いて、脳脊髄液以外の脳槽内構造物すべての断層情報を選択して画像再構成し、青色カラーを付して表示した。

MRAは、MRCと同じ基準線を使用して、3D time-of-flight (TOF), spoiled gradient-recalled (SPGR) acquisitionのsequenceを使用し、TR 30 ms/TE 3.3 ms, flip angle 20°, 192 × 128 matrix, 1.2 mm thickness, 0.6 mm slice interval, 16-cm field of view, number of excitations 2回, without magnetization transfer contrast, 60 slices (2 slabs), zero-fill interpolation processing 2回, overlap 8枚, total scan time 8分49秒(2 slabs)の撮影条件で、計104枚の軸位元画像を得た。3D MRAは、0.6 mmに補間した3D volume-rendering data setから、遠近投影 volume-rendering法を使用して再構成し、信号強度閾値170~180(0% opacity level)から190~200(100% opacity level)に増加する上り坂関数(window width 20)を用いて作成し、赤色カラー表示した。

3D MRC/MRA fusion imageは、同一基準線を用いたMRC, MRAそれぞれのvolumetric dataから、上記の要領で等座標の3D MRCと3D MRAを再構成し、これらをワークステーション上で重畳させ作成した。Fusion imageでは管腔構造物の視認性を得るため、3D MRCのopacity levelを15%(青色)、3D MRAを100%(赤色)としたMRA強調fusion imageとして表示し、脳槽内のいろいろな仮想的視点から、脳主幹動脈の狭窄・閉塞性病変を観察した。

III. 症例提示

〈症例1〉 72歳、女性、右手脱力TIAを来した左中大脳動脈(M1)狭窄症

MRC元画像(Fig. 1A)では、左中大脳動脈M1部は、シルビウス裂水平部脳槽内を走行する高度低信号強度の陰影欠損像として描出され、終末部内腔に軽度の低信号領域(矢頭)が認められた。3D MRA(Fig. 1B)では、左中大脳動脈はanterior temporal artery分岐後のM1終末部で高度狭窄像(矢頭)が認められた。3D CTA(Fig. 1C)では、M1終末部に同様な狭窄像(矢頭)が認められたが、狭窄部形態は詳細で異なっていた。シルビウス裂水平部左側の仮想的視点から観察した3D MRC(Fig. 1D)では、M1-M2の外壁形態が脳槽周囲構造物とともに表示され、狭窄部では不整形(矢頭)を示した。3D MRCと同一投影方向から見た3D MRA(Fig. 1E)では、相応する内腔血流情報が、連続した狭窄像(矢頭)として表示された。3D MRCと3D MRAのfusion image(Fig. 1F)では、3D MRAでの脳動脈走行が3D MRCでの外壁形態と重畳して周囲の解剖学的構造物とともに表示された。狭窄部の壁在病変は3D MRCと3D MRAとの乖離所見(矢頭)として把握された。

〈症例2〉 75歳、女性、TIAで加療中、脳梗塞を発症した左中大脳動脈(M1)狭窄症

発症6時間後のdiffusion-weighted image(Fig. 2A)では、左放線冠部に高信号強度領域(矢印)を呈する新鮮梗塞巣が認められた。Digital subtraction angiogram(DSA)(Fig. 2B)では、左内頸動脈分岐部(C1)からA1, M1起始部にかけて高度狭窄像(矢頭)が認められた。軸位MRCのminimum intensity projection(MinIP)画像(Fig. 2C)では、脳槽内の脳底部脳動脈は低信号強度の陰影欠損像として、視神経、視交叉、動眼神経、硬膜嚢、頭蓋底などの周囲構造物とともに描出された。左M1起始部では高度狭窄のためflow voidが著しく低下し、軽度の低信号強度(矢頭)で細く描出された。左鞍上槽の仮想的視点から観察した3D MRC(Fig. 2D)では、左内頸動脈C1-2部、左前脈絡叢動脈、左前大脳動脈A1起始部、内腔狭窄を来した左中大脳動脈M1起始部(矢頭)などの脳動脈外壁構造が、脳槽内、脳槽周囲構造物とともに立体的に描出された。3D MRCと同一投影方向から見た3D MRA(Fig. 2E)では、脳動脈構造が立体的に表示されたが、狭窄部(矢頭)は不

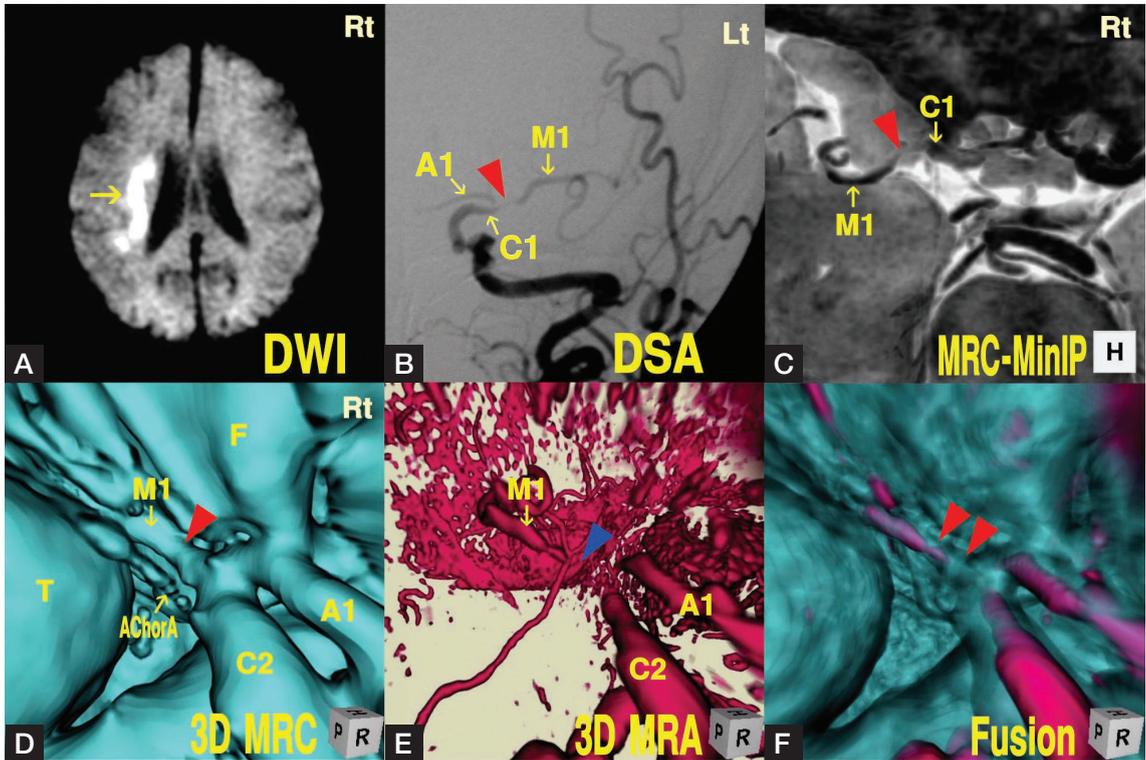


Fig. 2 (Case 2): Cerebral infarction associated with severe left middle cerebral arterial stenosis. The diffusion-weighted image (A), superoinferior projection, shows the high signal intensity region (arrow) indicating of acute cerebral infarction. The digital subtraction angiogram (B), anteroposterior projection, shows the severe stenoses (arrowhead) of the left internal carotid artery bifurcation (C1, arrowhead) and the beginning of the left anterior (A1) and the middle (M1) cerebral arteries. The minimum intensity projection image of MRC (C), superoinferior projection, shows intracisternal vessels and cranial nerves with hypointense signals. The stenotic left M1 shows slight hypointense signal (arrowhead). The 3D MRC (D), perspective view from the left suprasellar cistern, depicts the outer wall configurations of the C1-2, A1, and M1 (arrowhead) with surrounding intra- and juxta-cisternal structures. The 3D MRA (E), the same projection as to the MRC in D, shows structures of the major cerebral arteries. The fusion image of 3D MRC/MRA (F), a composite image of D and E, depicts the discrepancy (arrowheads) of the shape at the beginning of the left middle cerebral artery in correspondence with its stenotic region. **M1**: the first segment of the middle cerebral artery, **C1**: the first segment of the anterior cerebral artery, **C2**: the second segment of the internal carotid artery, **AChorA**: anterior choroidal artery, **F**: frontal lobe, **T**: temporal lobe.

連続に描出された。3D MRC/MRA fusion image (Fig. 2F) では、狭窄部病変は3D MRCと3D MRAとの乖離所見(矢頭)として画像評価された。

IV. 考 察

脳底部脳主幹動脈の狭窄・閉塞性病変は、これまでMRAでスクリーニングされ、CTAやDSAで診断が確定されてきた^{2,4)}。MRAでは、管腔内の血流に関連した情報が、またCTAやDSAでは、管腔内に充盈する造影剤の形態情報が得られる

が、いずれの画像においても脳主幹動脈の外壁形態を描出することは困難である^{4-7,9)}。そのため、狭窄・閉塞部での壁在病変は、正常と思われる血管内腔形態像から連続した血管内径を仮定することで、間接的に推測判断されてきた。

3D TOF SPGR sequenceで撮像されたMRAでは、新鮮な血流が不飽和スピンとして撮影スライス内に流入する際、inflow effectにより強いMR信号が発生する^{4-7,9)}。そのため、MRAでは血管内腔形態ではなく、inflow effectで示されるpeak systolic

velocity に関連した内腔血流情報が、脳血管構造として画像表示される^{4,7,9)}。しかし、乱流や渦流が発生する血管分岐部や狭窄部では MR 信号が低下するため、脳血管構造の描出が不鮮明となり、狭窄部が過大に狭小化して表示されることがあり、時には血管構造が連続して描出されない場合もある⁴⁾。

一方、T2-weighted 3D FSE sequence を使用した MRC では、くも膜下腔脳脊髄液が高信号強度でほぼ均一に描出されるため、脳主幹動脈はその flow void により、脳槽内の陰影欠損構造物として明瞭に contrast される。そのため、得られた volumetric data を 3D 画像解析することで、脳槽内を走行する脳主幹動脈の外壁形態が、脳槽内や脳槽周囲の解剖学的構造物とともに立体的に表示される^{3-7,9)}。脳底部脳主幹動脈を 3D MRC で再構成表示する際には、脳脊髄液と接する床上部内頸動脈、前大脳動脈、中大脳動脈、後大脳動脈、脳底動脈、頭蓋内椎骨動脈などでは、血管外壁形態が明瞭に描出される。しかし、床下部内頸動脈や頭蓋骨頸椎移行部の椎骨動脈では、周囲骨構造物により血管外壁の描出は不良となる。また、脳主幹動脈は強い flow void により高度の低信号強度を示すため、等信号～軽度の低信号強度を示す脳表や脳槽内脳神経とは区別して描出される^{5-7,9)}。しかし、分枝動脈など流速が遅い血管で十分な flow void が得られない場合には、血管と周囲の脳実質や脳神経との境界は不明瞭となる。

今回、3D MRC と 3D MRA の画像を合成することで、脳槽内を走行する脳底部脳主幹動脈での壁在 plaque などの狭窄性病変や血栓・塞栓などの閉塞性病変が、血管外壁形態情報と内腔血流情報との乖離所見として、1 枚の画像で立体的に評価された。これにより、MRA で脳血管構造の描出が不鮮明となる狭窄部、あるいは血管構造の描出が困難となる閉塞遠位部においても、MRC で得られる血管外壁形態から、狭窄・閉塞性病変が把握可能であった。しかしながら、MRA は内腔血流情報であり、真の管腔形態は表示されないため、壁在病変の詳細な評価には、3D CTA や 3D DSA など得られる造影剤充盈による内腔形態情報を参照することが必要と考えられた。

3D MRC/MRA fusion image では、壁在 plaque による血管内腔狭窄、血管外径の狭小化を来すモヤモヤ病や脳血管攣縮、側副血行路の発達を伴う陳旧性脳主幹動脈閉塞などにおいて、脳主幹動脈構造を血流情報とともに可視化することができる。そのため fusion image は、アテローム動脈硬化による症候性あるいは無症候性の頭蓋内脳動脈狭窄例に対して、血管内アプローチを含めた治療戦略を立てるうえで有用な画像解析技術と考えられた。今後、3D MRC と 3D MRA の fusion image だけではなく、3D MRC と 3D CTA あるいは 3D DSA など異なる撮像 modality、あるいは日時の異なる経時的 follow-up 検査で得られた volumetric data から fusion image を作成することで⁸⁾、頭蓋内脳動脈狭窄・閉塞性病変を血管外壁形態とともに立体的に画像評価することが可能になるものと思われる。

本論文の要旨の一部は、第 14 回日本脳ドック学会総会 (2005 年 7 月 1～2 日、名古屋) において口演発表した。

文 献

- 1) Bogousslavsky J, Barnett HJ, Fox AJ, Hachinski VC, Taylor W : Atherosclerotic disease of the middle cerebral artery. *Stroke* **17** : 1112-1120, 1986
- 2) Higashida RT, Meyers PM, Connors III JJ, Sacks D, Strother CM, Barr JD, Wojak JC, Duckwiler GR : Intracranial angioplasty & stenting for cerebral atherosclerosis : A position statement of American society of interventional and therapeutic neuroradiology, society of interventional radiology, and the American society of neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol* **26** : 2323-2327, 2005
- 3) Naraghi R, Hastreiter P, Tomandl B, Bonk A, Huk W, Fahlbusch F : Three-dimensional visualization of neurovascular relationships in the posterior fossa. Technique and clinical application. *J Neurosurg* **100** : 1025-1035, 2004
- 4) 佐藤 透 : 3次元 MR cisternograms と MR・CT angiograms による脳主幹動脈狭窄性病変の新しい立体的画像評価. *No Shinkei Geka* **31** : 503-551, 2003
- 5) Satoh T, Omi M, Ohsako C, Katsumata A, Yoshimoto Y, Tsuchimoto S, Onoda K, Tokunaga K, Sugiu K, Date I : Visualization of aneurysmal contours and perianeurysmal environment with conventional and transparent 3D MR cisternography. *AJNR Am J Neuroradiol* **26** : 313-318, 2005
- 6) 佐藤 透, 尾美 賜, 大迫知香, 西田あゆみ, 守山英

- 二, 小野田恵介, 徳永浩司, 杉生憲志, 伊達 勲:
3D MR cisternography/angiography fusion imaging に
よる部分的血栓化椎骨動脈瘤の画像評価. 脳外速報
15 : 673-680, 2005
- 7) Satoh T, Omi M, Ohsako C, Katsumata A, Yoshimoto Y,
Tsuchimoto S, Onoda K, Tokunaga K, Sugi K, Date I:
Influence of perianeurysmal environment on the de-
formation and bleb formation of the unruptured cere-
bral aneurysm. Assessment with fusion imaging of 3D
MR cisternography and 3D MR angiography. AJNR
Am J Neuroradiol 26 : 2010-2018, 2005
- 8) 佐藤 透: Network 接続による workstation の活用.
No Shinkei Geka 33 : 1131-1135, 2005
- 9) 佐藤 透, 佐々原 渉, 尾美 賜, 大迫知香: 3D
MR Cisternography / Angiography Fusion Imaging
による血管外壁形態からみた内頸動脈-後交通動脈瘤
と Infundibular Dilation の鑑別診断. No Shinkei
Geka 34 : 475-480, 2006
- 10) Wityk RJ, Lehman D, Klag M, Coresh J, Ahn H, Litt
B : Race and sex differences in the distribution of ce-
rebral atherosclerosis. Stroke 27 : 1974-1980, 1996

ご案内

日本老年医学会・公式助成事業 ノバルティス老化および老年医学研究基金募集要項

主 催 社団法人老年医学会

[助成の種類]

研究助成 老年医学における基礎的, 臨床的研究で新知見の得られる可能性をもつ革新的な研究プロジェクトを募集します。

海外研究交流助成 基礎老化学, 老年医学(歯科医学を含む)の関連領域の研究を行うために, 海外に留学する研究者に渡航費, 旅費を援助します。

[申請方法]

締 切 日 11月1日(消印有効)

申請方法 申請用紙応募資格等の詳細は下記ホームページ上にてご確認ください。

- ・申請の諾否は締切後3か月以内に(社)日本老年医学会からお知らせします。
- ・申請書類は一切返却いたしません。

送付先・連絡先 社団法人老年医学会内『ノバルティス老化および老年医学研究基金』

(〒113-0034 東京都文京区湯島4-2-1 杏林ビル702)

TEL03-3797-8623 / FAX03-3797-4496

ホームページ <http://www.rounenkikin.jp/>