



PHILIPS

Healthcare

# 脳卒中診療におけるMRIの役割

脳卒中診療に革新を及ぼす“Arterial Spin Labeling”

小樽市立病院 脳卒中診療の運用

小樽市立病院は二つの旧市立病院が統合され平成26年12月1日に開院し、地域基幹病院として小樽・後志医療圏の地域医療を担っている。医療部門ではがん、脳卒中、心臓病、認知症、予防医学に力を入れ、専門センターは脳卒中センターを含む4つのセンターに集約し、効率性の高い医療を目指し診療を行っている。

## 脳卒中診療におけるMRIの運用

小樽市立病院では脳血管障害にたいして延べ5,000例以上のASLを施行している。現在、脳卒中診療では大規模な変革が起きている。ガイドラインでは、画像診断などに基づく治療適応判定された急性期脳梗塞に対し、発症6時間以内に血管内治療(血栓回収療法)を開始することが強く推奨されており、適切な症例選択と手技によって行わねばならない。小樽市立病院では

脳卒中プロトコルを院内でマニュアル化し、現在では到着から治療までを平均40分程度(最短20分)で運用している。脳卒中診療の運用としてMRIは必須と考えている。この領域におけるMRIの役割は拡散強調画像を含めたプロトコルにより、ある程度確立されているが、正確な病態の把握や診療に携わるスタッフの業務を考慮すると未だ完成の域には達していないと言える。小樽市立病院ではASLを

含めた極めて短時間の脳卒中用MRIプロトコルを考案し、虚血性疾患が疑われた約200例に対し効率かつ有効な治療を行ってきた。脳卒中用MRIプロトコルは正確な病態把握の即時診断を実現し、血栓回収術後のフォローアップや鑑別診断には最適化された2phaseのASL(OTAL-Method:Optimal Two phase Arterial Spin Labeling Method)を用い、神経症状から判断された開頭術を避けるなど患者やスタッフに対し有益をもたらしている。

### 虚血性脳卒中MRIプロトコルの役割とAerial Spin Labelingの重要性

小樽市立病院の虚血性脳卒中用MRIプロトコルは8つの撮像シーケンスで構成されており、検査時間は7分半である(表1)。このプロトコル

は全ての撮像シーケンスに役割が存在し、過剰な情報を求めるのではなく、次の行動がわかるような情報をいち早く得られるように最適化されている。例えば、通常、位置決め撮像は後に続く撮像のポジションを決定するために画質を落とし短時間で撮像をするが、小樽市立病院では、出血性病変の有無について情報を与える重要なシーケンスと考えており、ここで出血が認められればその後の余計なMR撮像は省略しCTの準備に取り掛かることができる。また、Chest Coronal MRAは90秒で頸部から腹部の広範囲アンギオグラフィーが得ることができ、血管内治療のアクセスルートの評価および大動脈解離の否定を行うことができる。ASL(Arterial Spin Labeling)は、脳虚血性血管障害に対し血管病変の程度や虚血範囲を把握でき、現在のプロトコル

では欠かすことのできない手法である。現在、脳卒中用MRIプロトコルに用いているASLは、極めて短時間で撮像可能なASAP-ASL(Acute Stroke Assessment using Pseudo-continuous ASL)を考案し正確な病態の即時診断を可能としている。ASAP-ASLはDSA診断と高い一致率を示すことができ、高い確率で虚血領域を示すことが出来ている。また、MRAなどで判断する血管病変においても、虚血領域の原因とされる閉塞や狭窄血管の同定が可能であり、MRAの省略すら思わせる情報が得られる。

### ASAP-ASLとOTAL Methodの臨床応用

#### 超急性期脳梗塞(図1)

倒れているところを発見され救急搬送された症例である。搬送時の意識レベル



小樽市立病院



脳神経外科 新谷 好正 先生



放射線室 大浦 大輔 先生

は完全麻痺、意識障害、全失語であった。重症脳卒中を疑う状況であったため直ちにMRI検査を行った。拡散強調画像では左側の頭頂葉、側頭葉、前頭葉、基底核の一部に異常信号を認め急性期脳梗塞の所見であるが、上記の症状を起こす状況ではないことが予測される。ASAP-ASLでは左側全域に灌流低下を認め、拡散強調画像での異常信号領域との解離が確認できる。MRAでは灌流画像を裏付けるように左中大脳動脈のM1での閉塞が確認できる。直ちにPenumbraシステムにより血栓回収療法を行い完全再開通が得られた。術後MRIでは、拡散強調画像による異常信号は殆ど変化なく、術後の灌流画像では、異常灌流もほぼ改善しており過灌流も認められなかった。

本症例では、ASAP-ASLにより脳灌流の変化を簡単に確認でき、また、再開通後の過灌流も評価でき、術後の過灌流管理も含め有用であった。ASAP-ASLによる灌流画像が得られなければ、CT perfusionや核医学検査となる場合もあるが、急性期の状況において現実的ではない。また、過灌流の有無に関係なく血圧コントロールを行っていたが、ASLにより管理が容易となった。



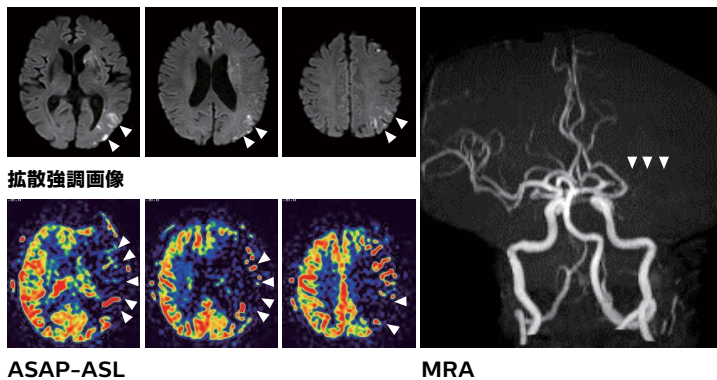
3.0T MRI装置  
Ingenia 3.0T(Philips Japan)

#### 小樽市立病院 虚血性脳卒中MRIプロトコール

撮像シーケンス	撮像時間	目的
位置決め撮像	31秒	大出血の確認
拡散強調画像	14秒	梗塞 coreの確認
ASAP-ASL	98秒	虚血範囲の確認
Head MRA	90秒	責任血管の描出
FLAIR	48秒	くも膜下出血の否定
T2*WI	16秒	微小出血の確認
Neck MRA	90秒	責任血管の描出
Chest Coronal MRA	90秒	アクセスルートの評価 大動脈解離の否定

表1. 虚血性脳卒中MRIプロトコール

## 超急性期脳梗塞

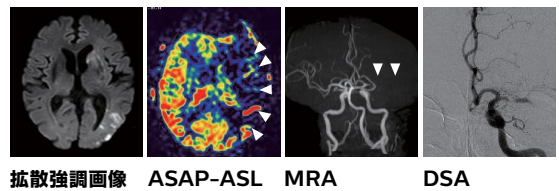


拡散強調画像

ASAP-ASL

MRA

#### 救急搬送時



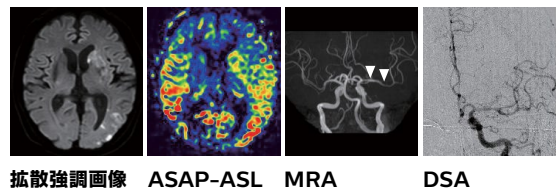
拡散強調画像

ASAP-ASL

MRA

DSA

#### 血栓回収療法直後



拡散強調画像

ASAP-ASL

MRA

DSA

図1. 超急性期脳梗塞

虚血性脳卒中MRIプロトコールでは開始から約4分(位置決め像+拡散強調画像+ASAP-ASL)で脳灌流の変化を簡単に確認できる。術後の過灌流管理も含め有用であり過灌流の有無に関係なく血圧コントロールを行っていたが、ASLにより管理が容易となった。

## 解離性動脈瘤による脳虚血(図2)

意識障害、失語、右麻痺を起こし搬送され脳梗塞の疑いでMRIを行った症例である。拡散強調画像では異常信号を認めないが、ASAP-ASLでは鋭敏に虚血性変化を認め、左中大脳動脈領域の灌流低下が明らかである。MRAも灌流画像を裏付けるように左内頸動脈閉塞の存在が示唆される。血栓回収療法を視野に入れ、アクセスルート確認目的で撮像したCoronal MRAを撮像すると、上行大動脈から下行

大動脈にかけて解離性動脈瘤が確認でき、解離性動脈瘤による脳虚血であることが明らかとなった症例である。

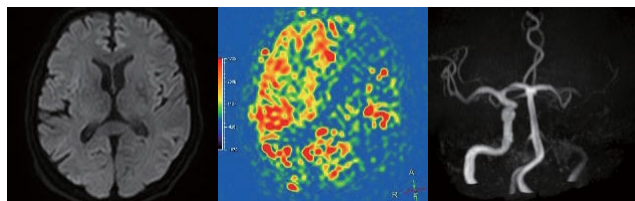
本症例は、脳卒中プロトコルに含まれているChest Coronal MRAが非常に有用であった一例と言える。本症例は大動脈陰影がはっきりとした瘤型の拡張を示さないタイプのため、胸部単純X線撮影では評価が難しい。Chest Coronal MRAを撮像せずに血栓回収療法を行うと危険な状況に

なりかねない。このようなケースにおいて頻度は少ないものの確実に含まれてくると想定し、初療の段階で見抜ける仕組みがシステムとして必要である。

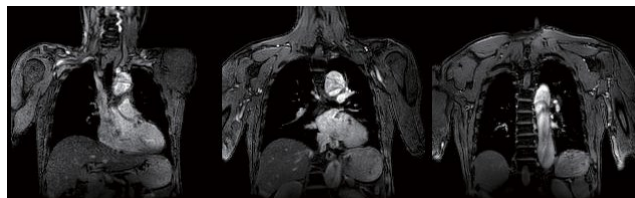
## 出血後非痙攣性てんかん(図3)

救急搬送時の神経学的所見はJCS10の意識障害、失語、右上下肢完全麻痺の症例である。CTでは左頭頂葉皮質下に不正形な血腫の存在が確認できる。症状も重くこの段階で手術が検討されるが、OTAL Methodでは、血腫の

## 解離性動脈瘤による脳虚血



拡散強調画像 OTAL Method MRA



Chest Coronal MRA

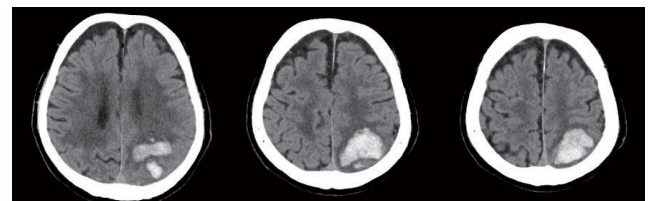


CTA

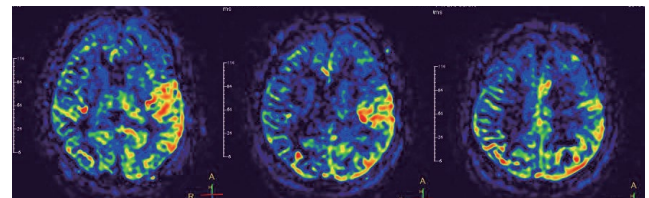
### 図2. 解離性動脈瘤による脳虚血

Chest Coronal MRA は90秒で非造影MRAが取得可能である。胸部単純X線撮影では評価が難しい解離性動脈瘤が確認できる。Chest Coronal MRAにより初療の段階で脳虚血の原因が把握できた。

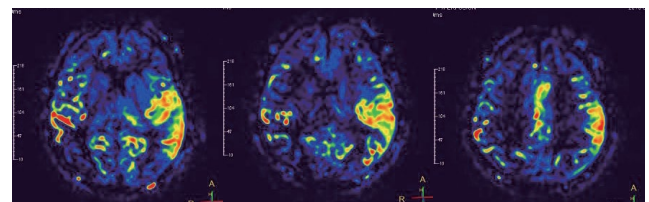
## 出血後非痙攣性てんかん



CT



OTAL Method (Post Label Delay: 1200ms)



OTAL Method (Post Label Delay: 2200ms)

### 図3. 出血後非痙攣性てんかん

出血性病変だけでは説明不能な症状の病態が、ASLによって即時解明された。ASLは2時相データの取得を目的とした“OTAL-Method”により早期時相(1200ms)で認められた灌流増多が後期時相(2200ms)でも確認できるため、てんかん発作による充血であると判断できた。

“検査開始から2分以内でASLにより虚血が確認できると直ちに血栓回収の準備へ。すばやく次の準備のために動くことの方が重要であり、準備をしながら順次画像を確認する。”

小樽市立病院 脳神経外科 新谷 好正 先生

領域では灌流低下が認められるが、前頭頂葉皮質領域と基底核領域の灌流増多が認められ、出血が誘引で起こったてんかん発作の充血を見ていると考えられる。脳出血そのものの症状は軽い感覚性失語だが、意識障害と右上下肢完全麻痺は出血後非痙攣性てんかんによるToddの麻痺であり手術適応でないことがわかる。その後、保存療法、抗痙攣剤投与により症状は改善した。

本症例は、出血性病変だけでは説明不能な症状の病態が、ASLによって即時解明された。従来であれば、脳波を行い診断していたが、脳波でも探知できなければ確信に至らないまま経過観察や、手術が施行される可能性もあった。本症例で使

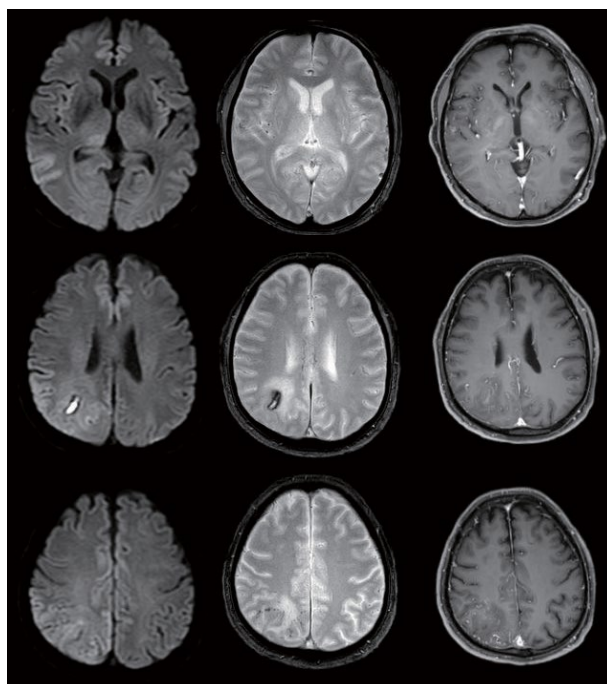
用したASLは2時相データの取得を目的とした“OTAL-Method”を用いた。OTAL-Methodは異なる時相での灌流画像を取得することが可能であり、幅広い年齢層の患者に安定して良好な灌流画像を提供できる。本症例では、早期時相(1200ms)で認められた灌流増多が後期時相(2200ms)でも確認できるため、てんかん発作による充血であると判断できた。

**矢状静脈洞血栓症による鬱血を伴う脳内出血(図4)**

救急搬送時の神経学的所見は、意識障害JCS1、左半身の感覚障害、左半側空間無視の症例である。拡散強調画像では、右頭頂葉皮質に淡い高信号が認められ、T2スターにて同部位の深部

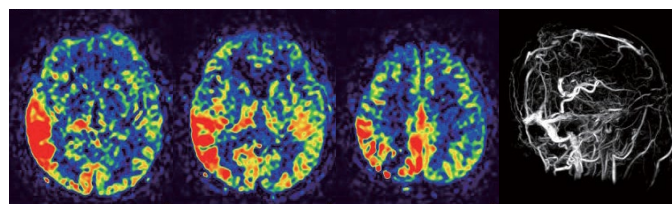
白質に出血が疑われる。造影MRIでは右頭頂葉皮質に僅かに造影増強効果が確認でき血管の拡張を表している可能性がある。OTAL-Methodでは同部位に灌流増多が確認でき、静脈洞血栓症が疑われたため、MR Venographyを追加撮像し矢状静脈洞の閉塞が確認できた。MR Venographyでは左側はラベ静脈が発達しているが、右側は鬱血により描出困難であり、矢状静脈洞血栓症による鬱血に伴う脳内出血であることがわかる。抗凝固療法を直ちに開始し、翌日までには意識障害が改善、OTAL-Methodでは、搬送時の灌流増多が改善、MR Venographyでは矢状静脈洞の再開通が確認できた。

矢状静脈洞血栓症による鬱血を伴う脳内出血

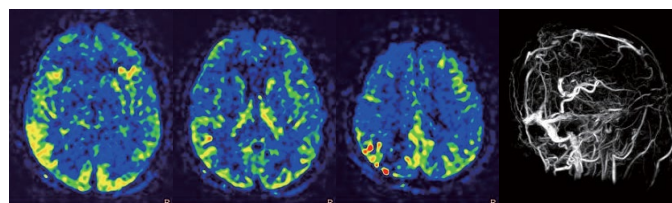


拡散強調画像      T2スター      造影 T1強調

救急搬送時



OTAL-Method (2nd Phase, PLD 2200ms)      MR Venography  
血栓回収療法後



OTAL-Method (2nd Phase, PLD 2200ms)      MR Venography

図4. 矢状静脈洞血栓症による鬱血を伴う脳内出血  
OTAL-Methodでは脳内出血部に灌流増多が確認でき、矢状静脈洞血栓症による鬱血を反映している。OTAL-MethodによりMR Venographyを撮像する根拠となった。

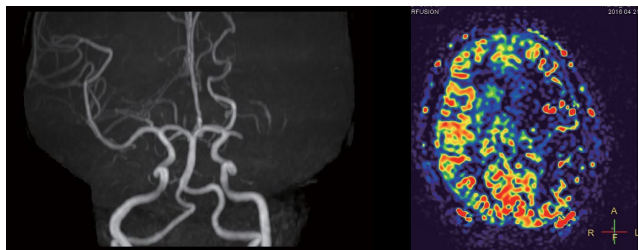
“ASLは閉塞血管を同定できる。どの血管が詰っていようと血管造影に進むのでMRAすら必要なくなるかもしれない。”

小樽市立病院 放射線室 大浦 大輔 先生

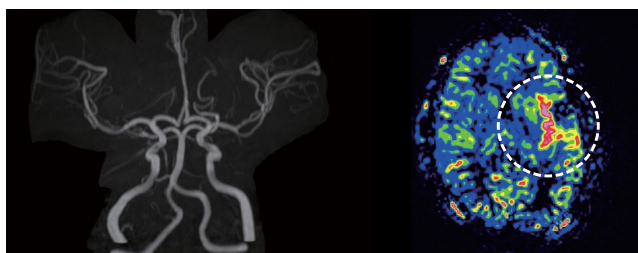
OTAL-Methodによる灌流増多は矢状静脈洞血栓症による鬱血を反映しており、これによりMR Venographyを撮像する根拠となった。静脈洞血栓症は、血管造影検査および核医学検査を行わないと確認が難しい症例である。OTAL-Methodは単純に灌流の変化を観察することができるので、今回の症例では灌流増多だけでは判断が難しかったが、MR Venographyなどと総合的に判断することでMRIのみで判断できたことは大きいと考える。



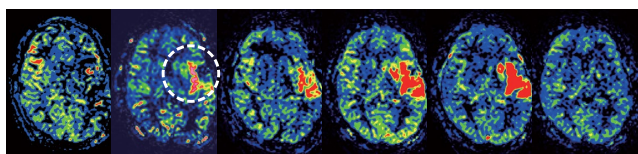
## ASLによる過灌流評価



搬送時

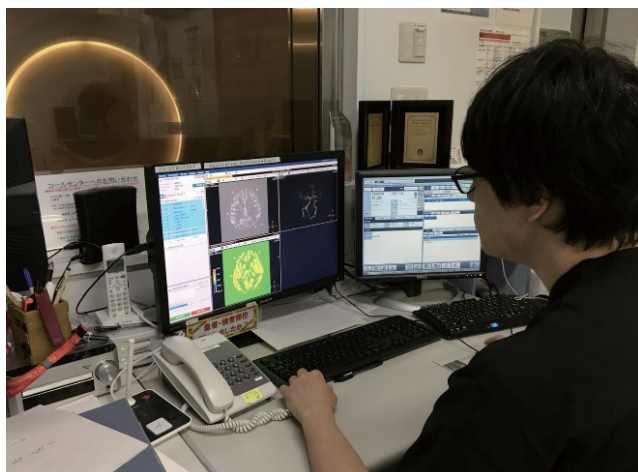


血栓回収療法直後



搬送時 治療直後 3時間 1日 7日 47日

ASLは灌流の変化を鋭敏に信号強度に反映することができる。虚血であれば信号低下として、過灌流など灌流上昇であれば信号増加として把握することができる。術後の過灌流評価においてASLで確認できない場合、全例で血圧注意、抗痙攣剤投与を行う必要があるが、ASLによって過灌流の評価ができれば過灌流を起こしていない患者に対し、厳重な血圧管理、抗痙攣剤投与の必要はなく必要最小限の管理のみで過剰な医療を防ぐことができる。本症例はASLにより複数回経過観察を行っているが、核医学検査を同様に行うのは現実的ではない。ASLは虚血の即時診断と過灌流などその後の治療方針にとって非常に重要である。



## 小樽市立病院“ASL”まとめ

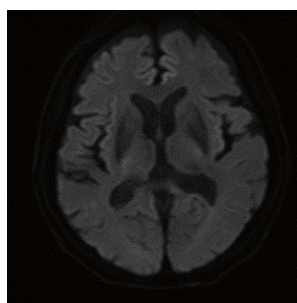
### ASAP-ASL:虚血性脳卒中MRI用の高速ASL

Scan time	1分17秒
Labeling duration	2000ms
Post Label delay	1232ms
FOV	240×240mm
Slice thickness/number	10mm/6slice
SENSE factor	2.3
TR/TE	3516/9.6ms

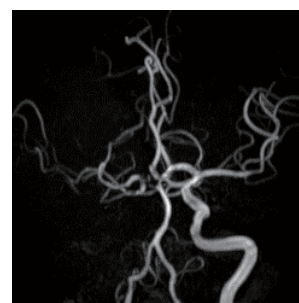
### OTAL-Method:スクリーニング目的の2時相ASL

Scan time	1分28秒, 2分49秒 (Total4分17秒)
Labeling duration	2000ms
Post Label delay	1200ms, 2200ms
FOV	240×240mm
Slice thickness/number	10mm/11slice
SENSE factor	2.3
TR/TE	3460/14ms, 4436ms/13ms

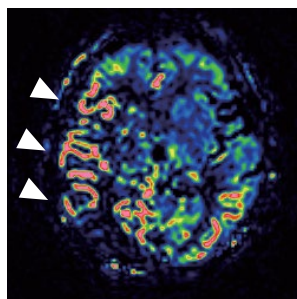
ASLは頸動脈にラベリング(磁化的標識)を行い、ラベリングされた血液が毛細血管レベルに到達するまで時間を待ってデータ収集を行う。ラベリング後の待ち時間をPost Labeling Delay(PLD)と言い、ASLには最適なPLDが求められる。PLDは年齢や心疾患や動脈硬化などさまざまな因子によって最適値が変わるため、間違ったPLDの設定は、灌流を正確に把握することが難しく注意が必要である。OTAL-Methodは、最適化された2phaseのASLを取得することで、PLDに影響を与える患者因子に大きく依存することなく対応することができる。下図は、閉塞性疾患に対しOTAL-Methodを行った例である。Earlyでは拡張した末梢血管の分布を把握でき、Delayでは正確な虚血領域を描出することができる。



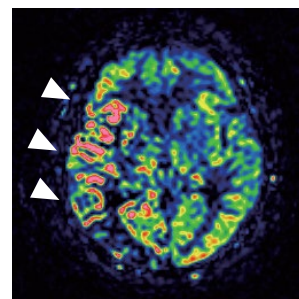
拡散強調画像



MRA



OTAL-Method  
Early Phase



OTAL-Method  
Delay Phase

## おわりに

脳卒中診療において、限られた時間内での有効な診療は必須であり、救急搬送から治療までの効率性は患者の生命に大きな影響を及ぼす。また、MRIによる病態の把握は、短時間であることだけでなく治療方針を決定する正確性が求められる。われわれが考案した脳卒中MRIプロトコールは、正確な病態把握の即時診断を実現し、これまで必要であった特定の検査の省略、神経症状から判断された不要な開頭術を避けるなど患者だけでなく病院においても有益を生んでいる。

製造販売業者

### 株式会社フィリップス・ジャパン

〒108-8507 東京都港区港南 2-13-37 フィリップスビル

お客様窓口 0120-556-494

03-3740-3213

受付時間 9:00～18:00

(土・日・祝祭日・年末年始を除く)

[www.philips.co.jp/healthcare](http://www.philips.co.jp/healthcare)



販売名：フィリップス 3.0T  
超電導磁気共鳴イメージング装置  
医療機器認証番号：223ACBZX00013000  
設置管理医療機器/特定保守管理医療機器  
管理医療機器

改良などの理由により予告なしに意匠、仕様の一部を変更することがあります。あらかじめご了承ください。詳しくは担当営業、もしくは「お客様窓口」までお問い合わせください。記載されている製品名などの固有名詞は、Koninklijke Philips N.V. またはその他の会社の商標または登録商標です。