

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6453883号
(P6453883)

(45) 発行日 平成31年1月16日 (2019. 1. 16)

(24) 登録日 平成30年12月21日 (2018. 12. 21)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 6/03 (2006. 01)**A 6 1 B** 5/055 (2006. 01)**G 0 6 T** 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 6/03 3 7 5

A 6 1 B 6/03 3 6 0 J

A 6 1 B 5/055 3 8 0

G 0 6 T 1/00 2 9 0 B

請求項の数 18 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-535462 (P2016-535462)
 (86) (22) 出願日 平成26年8月19日 (2014. 8. 19)
 (65) 公表番号 特表2016-528002 (P2016-528002A)
 (43) 公表日 平成28年9月15日 (2016. 9. 15)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2014/067660
 (87) 国際公開番号 W02015/024934
 (87) 国際公開日 平成27年2月26日 (2015. 2. 26)
 審査請求日 平成29年8月15日 (2017. 8. 15)
 (31) 優先権主張番号 13181139.0
 (32) 優先日 平成25年8月21日 (2013. 8. 21)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 100122769
 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するための計算システムであって、セグメンテーション装置は、

- プロセッサと、

- 有意位置決定器を含むコンピュータ読取り実行可能な命令を備えるコンピュータ読取り可能な記憶媒体であって、

- 前記プロセッサは、前記有意位置決定器に、現セグメンテーションが、前記現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす、有意位置として前記血管造影画像データにおいて前記血管の前記現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定させる有意位置決定器命令を実行するように構成される、コンピュータ読取り可能な記憶媒体と、

- 前記有意位置をオペレータに表示するためのディスプレイとを有し、

前記有意位置決定器が、

- 前記プロセッサによって実行されるとき、前記有意位置決定器に、前記一つ又はそれより多くの位置における前記現セグメンテーションに依存する基準に基づいて、有意位置候補として、前記現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定させる有意位置候補決定器と、

- 前記プロセッサによって実行されるとき、血流パラメータに、前記有意位置候補の一つ

10

20

における、前記現セグメンテーションの直径の、シミュレーションされた変化に対して、前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおいて前記血流パラメータの前記値を計算させる血流パラメータ計算器と

を有し、前記有意位置決定器は、前記現セグメンテーションの前記直径の前記シミュレーションされた変化が、前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける前記血流パラメータの前記値において所定の変化をもたらす場合、有意位置として、前記有意位置候補の一つを決定するように構成される、
計算システム。

【請求項 2】

前記基準は、前記一つ又はそれより多くの位置における、前記現セグメンテーションの前記直径の変化率に基づく、請求項 1 に記載の計算システム。

10

【請求項 3】

前記基準は、前記一つ又はそれより多くの位置において計算される前記血流パラメータの前記値に基づく、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 4】

前記有意位置決定器は、一つ又はそれより多くの前記有意位置候補における前記血流パラメータの前記値が、前記現セグメンテーションの前記直径の前記シミュレーションされた変化の結果として、所定の閾値の間で移行する場合、有意位置として前記有意位置候補の一つを決定するように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 5】

20

前記ディスプレイは、前記血管造影画像データにより前記現セグメンテーションを前記オペレータに表示するように構成され、前記有意位置が視覚的インジケーションによって示される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 6】

前記有意位置決定器は、
-血流パラメータ計算器であって、前記プロセッサによって実行されるとき、前記血流パラメータ計算器に、前記有意位置における前記血流パラメータの前記値を計算させる血流パラメータ計算器

を有し、前記ディスプレイは、前記有意位置における前記血流パラメータの前記値を前記オペレータに表示するように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

30

【請求項 7】

前記血流パラメータ計算器は、前記有意位置における前記血流パラメータの前記値の確実性を計算するように構成され、前記ディスプレイは、前記有意位置における前記血流パラメータの前記値の前記確実性を前記オペレータに表示するように構成される、請求項 6 に記載の計算システム。

【請求項 8】

前記血流パラメータ計算器は、期待セグメンテーションエラーにより、前記有意位置における前記現セグメンテーションの前記直径の変化をシミュレーションすることによって、前記有意位置における前記血流パラメータの前記値の確実性を計算するように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

40

【請求項 9】

前記有意位置決定器は、前記現セグメンテーションにおいて、不完全にのみセグメント化される、前記血管の構造に対して、前記不完全にセグメント化された構造の、推定されたセグメンテーションの前記直径のシミュレーションされた変化が、前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける前記血流パラメータの前記値において前記所定の変化をもたらすかを決定するように構成され、ディスプレイユニットは、視覚的インジケーションによって、前記決定の結果を前記オペレータに表示するように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 10】

前記コンピュータ読取り可能な記憶媒体は、

50

-セグメンテーション修正器であって、前記プロセッサによって実行されるとき、前記セグメンテーション修正器に、前記オペレータが、少なくとも前記有意位置において前記現セグメンテーションを修正することを可能にさせるセグメンテーション修正器を有する、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 1 1】

前記血管は冠状動脈を含み、前記血流パラメータは仮想冠血流予備量比である、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 1 2】

前記コンピュータ読取り可能な記憶媒体は、

-前記血流パラメータの前記値を計算するための血流パラメータ計算器
を更に有する、請求項 1 に記載の計算システム。

10

【請求項 1 3】

血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション方法であって、前記セグメンテーション方法は、

-現セグメンテーションが、有意位置決定ユニットによって、前記現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす、有意位置として前記血管造影画像データにおいて前記血管の前記現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置をプロセッサで決定するステップと、

-ディスプレイによって、前記有意位置をオペレータに表示するステップと
を有し、

20

前記一つ又はそれより多くの位置における前記現セグメンテーションに依存する基準に基づいて、有意位置候補として、前記現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するステップと、

-前記有意位置候補の一つにおける、前記現セグメンテーションの直径の、シミュレーションされた変化に対して、前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおいて前記血流パラメータの前記値を計算するステップと

を更に有し、前記現セグメンテーションの前記直径の前記シミュレーションされた変化が、前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける前記血流パラメータの前記値において所定の変化をもたらす場合、有意位置として、前記有意位置候補の有意位置が決定される、

30

方法。

【請求項 1 4】

血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーションコンピュータプログラムであって、前記セグメンテーションコンピュータプログラムは、前記セグメンテーションコンピュータプログラムが、セグメンテーション装置を制御するコンピュータ上で実行されるとき、前記セグメンテーション装置に、請求項 1 3 に記載の前記セグメンテーション方法の前記ステップを実行させるためのプログラムコード手段を有する、セグメンテーションコンピュータプログラムを記憶するための非一時的コンピュータ読取り可能な記憶媒体。

【請求項 1 5】

40

前記有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける前記血流パラメータの前記値が、前記現セグメンテーションの前記直径の前記シミュレーションされた変化の結果として、所定の閾値の間で移行する場合、有意位置として前記有意位置候補の一つを決定するステップ

を更に有する、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記血管は冠状動脈を含み、前記血流パラメータは仮想冠血流予備量比である、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記基準は、前記一つ又はそれより多くの位置における、前記現セグメンテーションの

50

前記直径の変化率に基づく、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記有意位置における前記血流パラメータの前記値を計算するステップを更に有する、請求項 1 3 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するための、セグメンテーション装置、セグメンテーション方法、及びセグメンテーションコンピュータプログラムに関する。本発明はさらに、血管造影画像データにおける血管のセグメンテーションに基づいて、血流パラメータの値を計算し、セグメンテーション装置を有するシステムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

米国出願公開2011/0071404 A1号は、ルーメンの領域を評価するための、コンピュータに基づくシステムを開示する。システムは、長さLのルーメンに関する、データのセットを集める画像収集デバイスを有し、セットは、長さLに沿った複数の位置において、複数の断面エリアを有する。システムは、長さLに沿った複数の位置において断面領域のセットを保存するためのメモリ、及びメモリと通信するプロセッサを更に有し、プロセッサは、メモリにおけるデータのセットの少なくとも一部に応じてルーメンの長さLに対する血管抵抗比率を決定し、血管抵抗比率に応じて長さLに沿って配置される領域の少なくとも一部の特徴を決定するように構成される。

20

【0003】

冠血流予備量比 (FFR) は、疾患のある冠状動脈における最大達成可能な血流と通常の冠状動脈における理論的な最大の血流との間の比率を決定することを含む技術である。現在、FFRは、患者の冠状動脈ツリーに直接圧力測定ワイヤーを挿入することによる、従来の冠動脈血管造影プロシージャの間、侵襲的に測定される。対照的に、いくつかのより新しい研究は、仮想FFR又は単にvFFRとも称される、FFRの非侵襲性測定が、血管造影画像データを使用して可能であることを示している。(例えばクーBK他による、「冠状動脈コンピュータ断層撮影血管造影図から計算される非侵襲性冠血流予備量比による、虚血性冠状動脈狭窄の診断。未来マルチセンタディスカバー-フローからの結果(非侵襲性冠血流予備量比を介して得られる虚血性狭窄の診断)研究」、心臓学のアメリカ大学ジャーナル、1989-1997頁、第58巻、第19号、2011年11月、参照)。

30

【0004】

vFFRの測定は、セグメント化された冠状動脈ツリーに沿った、血流パラメータ、特に、その圧力応答比率の計算に基づいており、そのように、冠状動脈のセグメンテーション及び正確な検出に非常に強く依存する。問題は、このようなセグメンテーションが、冠状動脈ツリーの各々の分岐をセグメント化するために、オペレータ、例えば、医師による、インタラクティブ(双方向)な制御を必要とする、半自動画像処理アルゴリズムを通常含む、非常に時間のかかるプロシージャとなり得ることにある。特に、非常に細い先端動脈の位置は、正確にセグメント化されることが困難であり、それでも、それらはvFFR精度のために非常に重要になり得る。更に、オペレータは、セグメンテーションが「十分によい」ときを決定するために、自分の視覚評価にしばしば頼るだけである。これは、中間レベルのミスであるが、冠状動脈における、臨床的に関連する狭窄(すなわち、血管の直径の異常な狭窄又は締め付け)をもたらし得る。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、セグメンテーションプロシージャの間、オペレータにかかる負担を軽減することを可能にする、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメ

50

ント化するための、セグメンテーション装置、セグメンテーション方法、及びセグメンテーションコンピュータプログラムを提供することにある。本発明の更なる目的は、血管造影画像データにおける、血管のセグメンテーションに基づいて、血流パラメータの値を計算するための、セグメンテーション装置を有するシステムを提供することにある。

【0006】

本発明の第一の態様において、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション装置であって、前記セグメンテーション装置は、

- 現セグメンテーションが、現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす、有意位置として血管造影画像データにおいて血管の現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するための有意位置決定ユニットと、
- 有意位置をオペレータに表示するためのディスプレイユニットと
を有する。

【0007】

有意位置決定ユニットは、有意位置、すなわち現セグメンテーションが、現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす位置として、血管造影画像データにおいて血管の現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するように構成されるため、及びディスプレイユニットは、有意位置をオペレータに表示するように構成されるため、オペレータは、彼/彼女のセグメンテーションの労力を、血流パラメータの値の計算の正確さのために最も関連する現セグメンテーションのそれらの位置に集中させるようにガイドされることができる。この場合、彼/彼女は、有意位置においてより高い精度、すなわちより高い労力でセグメンテーションを行う必要があるのみであるため、これにより、セグメンテーションプロセスの間、オペレータにかかる負担は軽減されることが可能になる。実質的に、これは、血管造影画像データにおける血管のより質の高いセグメンテーション、及びそれとともに、セグメンテーションに基づく血流パラメータの値のより高い精度の計算をもたらし得る。

【0008】

優先的なことに、血管造影画像データは、例えば、CT（コンピュータ断層撮影）血管造影法、及び/又はMR（磁気共鳴）血管造影法を使用して、先行する血管造影法プロセスの間、得られた3D画像データになる。

【0009】

血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションは、オペレータによってインタラクティブに制御される一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムの結果になり得る（例えばベンマンスールF及びコーエンLDによる、「最小経路方法及び異方性強調に基づく管構造セグメンテーション」、コンピュータビジョンの国際ジャーナル、第92巻、第二号、第二011年4月、192-210頁参照）。セグメンテーション装置は、血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションを供給するための、現セグメンテーション供給ユニットを優先的に有する。現セグメンテーション供給ユニットは、既存の、血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションが保存され得る、ハードディスク、光ディスク、又はソリッドステートメモリ（例えば、USBスティック）等のような記憶ユニットを有することができる。記憶ユニットは、セグメンテーション装置に直接接続可能であり、及び/又はそれは有線又は無線ネットワークを介してセグメンテーション装置に接続可能である。さらに、又は代わりに、現セグメンテーション供給ユニットは、オペレータのインタラクティブな制御下で血管造影画像データにおいて血管をセグメント化するための、一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムを実行するように構成されることができる。血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションは、例えば、一つ又はそれより多くの全自動画像処理アルゴリズムを使用して、オペレータによる何れのインタラクティブな制御なしで、自動的に生成されることも可能である。（ワングY及びリアシスPによる「ダイナミックチューブフィッティングを介した動脈の分岐のための三次元量的脈管形状分析」、IEEE論文集生医学工学、第59巻、2012年7月

10

20

30

40

50

、第7号、1850-1860頁参照)。

【0010】

実施例において、血管は人間の冠状動脈を含み、血流パラメータは仮想冠血流予備量比(vFFR)である。

【0011】

オペレータは、優先的なことに、医師等である。

【0012】

有意位置決定ユニットが、一つ又はそれより多くの位置における現セグメンテーションに依存する基準に基づいて、有意位置候補として、現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するための有意位置候補決定ユニットと、有意位置候補の一つにおける、現セグメンテーションの直径のシミュレーションされた変化に対して、有意位置候補の一つ又はそれより多くにおいて血流パラメータの値を計算するための血流パラメータ計算ユニットとを有し、有意位置決定ユニットは、現セグメンテーションの直径のシミュレーションされた変化が、有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける血流パラメータの値において所定の変化をもたらす場合、有意位置として、有意位置候補の一つを決定するように構成されることは好ましい。このアプローチの背景にあるヒューリスティックは、有意位置候補の一つにおける現セグメンテーションの直径の変化がシミュレーションされるとき、血流パラメータの値は、有意位置候補の一つ又はそれより多くにおいて所定の態様で変化することが決定される場合、有意位置候補の一つは、有意位置とみなされるべきであり、オペレータは、それがより高い精度でセグメント化されることを確認すべきであることにある。

【0013】

実施例において、基準は、一つ又はそれより多くの位置における、現セグメンテーションの直径の変化率に基づく。たとえば、現セグメンテーションの位置は、セグメンテーションが、スプライン曲線のような、一つ又はそれより多くの数学関数又はセグメンテーションのいくつかのノードを挿入する直線セグメントによって表される場合、例えば単純な微分として計算され得る、その位置における現セグメンテーションの直径の変化率が大きい場合、有意位置候補として決定されることができ。これは、例えば、変化率を既定の閾値と比較することによって決定されることができ。現セグメンテーションの直径の変化率は、単純な態様で計算されることができ、及び例えば、概して血管における血流に対して有意な影響を及ぼす、狭窄は通常、血管直径の急速な変化によって特徴づけられるため、現セグメンテーションの直径の変化率は、有意位置候補を決定するための好都合の基準になり得る。

【0014】

他の実施例において、基準は、一つ又はそれより多くの位置において計算される血流パラメータの値に基づく。たとえば、血流パラメータが仮想冠血流予備量比(vFFR)である場合、現セグメンテーションの位置は、その位置で計算されるvFFRの値が既定の範囲、例えば、0.65乃至0.85の範囲内にある場合、有意位置候補として決定されることができ。この背景の考えは、0.75より小さなvFFR値が概して、血行力学的に有意な狭窄を規定するが、0.75より大きなvFFR値は概して、非クリティカルとみなされることにある。このように、現セグメンテーションの位置における血流パラメータの値が、例えば0.65乃至0.85(すなわち、 0.75 ± 0.1)の範囲内にある場合、その位置における現セグメンテーションの修正が、非クリティカル値から、血行力学的に有意な狭窄を規定する値まで、及びその逆で、vFFR値を変更し得る可能性はむしろ高い。後続する治療決定は通常、狭窄が、オペレータ、例えば医師によって、有意又は非クリティカルなものとして、分類されるかに依存するため、オペレータが、結局セグメンテーションの精度に依存して、異なるように分類され得る、それらの位置を考慮することは特に重要である。

【0015】

有意位置決定ユニットは、一つ又はそれより多くの有意位置候補における血流パラメータの値が、現セグメンテーションの直径のシミュレーションされた変化の結果として、既

定の閾値の間で移行する場合、有意位置として有意位置候補の一つを決定するように構成されることは更に好ましい。たとえば、血流パラメータが、仮想冠血流予備量比（vFFR）である場合、既定の閾値は、望ましくは、0.75、すなわち、概して血行力学的に有意な狭窄及び非クリティカルな医学的所見（上記参照）の間で区別するための閾値とみなされるvFFR値になる。

【0016】

ディスプレイユニットは、血管造影画像データを用いてオペレータに現セグメンテーションを表示するように構成され、有意位置が視覚的インジケーションによって示されることは好ましい。これにより、彼/彼女のセグメンテーション労力を有意位置に集中させるようにオペレータをガイドする簡単かつ効率的な方法が提供される。この視覚的インジケーションは、例えば、現セグメンテーションの有意位置を示す、ボックス、クロス、三角形、円、ポインタ、ストリップライン等の他の視覚的マーク又はサインを有することができる。更に、又は代わりに、カラーコーディング、特定のシェーディング等が、視覚的インジケーションとして使われることができる。

10

【0017】

有意位置決定ユニットが、有意位置における血流パラメータの値を計算するための血流パラメータ計算ユニットを有し、ディスプレイユニットが、有意位置における血流パラメータの値をオペレータに表示するように構成されることは更に好ましい。典型的ケースにおいて、血流パラメータの値は、数として示されることができる。たとえば、血流パラメータが仮想冠血流予備量比（vFFR）である場合、vFFRの値は0及び1の間の数として表示されることができる。

20

【0018】

さらに、血流パラメータ計算ユニットが、有意位置における血流パラメータの値の確実性を計算するように構成され、ディスプレイユニットが、有意位置における血流パラメータの値の確実性をオペレータに表示するように構成されることは好ましい。このさらなる情報は、一つ又はそれより多くの更なる健康診断が必要とされるか否かを決定するため、及び/又は後続する治療決定を行うために、オペレータ、例えば、医師にとって重要になり得る。有意位置における血流パラメータの値の確実性は、例えば、エラーバーとして、又はレンジブラケットとして表示されることができる。

【0019】

30

一つの実施例において、血流パラメータ計算ユニットは、期待セグメンテーションエラーにより、有意位置における現セグメンテーションの直径の変化をシミュレーションすることによって、有意位置における血流パラメータの値の確実性を計算するように構成される。期待セグメンテーションエラーは、例えば正しい位置・姿勢の血管造影画像データを使って、訓練されたオペレータのグループにより実行されるセグメンテーション実験によって、実験的に決定された値になり得る。一例を挙げると、平均的に訓練されたオペレータは通常、その位置における、結果としてもたらされる直径が、+2及び-2の間の画素誤りになるように、すなわち正しい位置・姿勢と異なるように、有意位置に対応する位置における血管をセグメント化することが実験的に決定されている場合、確実性は、有意位置における血流パラメータの値の+2画素広く、-2画素狭い直径をシミュレーションすることによって、及びこのシミュレーションされた変化に基づいて、有意位置における血流パラメータの値を計算することによって、計算されることができる。他の例において、例えば、セグメンテーション実験によって、平均直径値の関数として、訓練されたオペレータによって実行される、セグメンテーションの平均直径変化を決定することも可能であり、確実性計算のためにこのような平均直径変化をここで使うことも可能である。平均直径変化の決定は、ブランド-オールトマン計画に基づいてもよい。

40

【0020】

有意位置決定ユニットは、現セグメンテーションにおいて、不完全にのみセグメント化される、血管の構造に対して、不完全にセグメント化された構造の、推定されたセグメンテーションの直径のシミュレーションされた変化が、有意位置候補の一つ又はそれより多

50

くにおける血流パラメータの値において所定の変化を、結果としてもたらすかを決定するように構成され、ディスプレイユニットが、視覚的インジケーションによって、決定の結果をオペレータに表示するように構成されることは更に好ましい。例えば一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムが、このような微細構造で十分に動作し得ないため、非常に細い先端動脈位置は、現セグメンテーションにおいて完全にセグメント化されなかったとき、これは使われ得る。この場合、例えば、これらの構造のセグメンテーションは、隣接する構造から推定されてもよく、推定されたセグメンテーションの直径の変化がシミュレーションされてもよい。このようなシミュレーションが、有意位置候補の一つ又はそれより多くにおける血流パラメータの値において所定の変化をもたらさない場合、これらの構造の更なるセグメンテーションは必要とされなくてもよい。これは、好適な視覚的インジケーションによってオペレータに表示されてもよい。

10

【0021】

セグメンテーション装置は、オペレータが、少なくとも有意位置において現セグメンテーションを修正することを可能にする、セグメンテーション修正ユニットを有することは好ましい。これは、オペレータが、血流パラメータの値の計算の正確さに最も関連するこれらの位置において現セグメンテーションを更新し、改善することを可能にする。修正は、例えば、完全手動、又は半自動になり得る。たとえば、オペレータは、有意位置において現セグメンテーションを改良するために、一つ又はそれより多くのノードを加えるか、又は除去することができる。当然のことながら、セグメンテーション修正ユニットは、オペレータが、有意位置以外の位置において現セグメンテーションを修正することを可能にするように構成されることもできる。

20

【0022】

本発明の他の態様において、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション方法であって、前記セグメンテーション方法は、

- 現セグメンテーションが、有意位置決定ユニットによって、現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす、有意位置として血管造影画像データにおいて血管の現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するステップと、

- ディスプレイユニットによって、有意位置をオペレータに表示するステップとを有する。

30

【0023】

本発明の他の態様において、血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーションコンピュータプログラムであって、前記セグメンテーションコンピュータプログラムは、セグメンテーションコンピュータプログラムが、セグメンテーション装置を制御するコンピュータ上で実行されるとき、請求項1に記載のセグメンテーション装置に、請求項14に記載のセグメンテーション方法のステップを実行させるためのプログラムコード手段を有する、セグメンテーションコンピュータプログラムがもたらされる。

【0024】

本発明の他の態様において、血管造影画像データにおいて血管のセグメンテーションに基づいて、血流パラメータの値を計算するためのシステムであって、前記システムは、

40

- 請求項1に記載の血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション装置と、

- 血流パラメータの値を計算するための血流パラメータ計算ユニットとを有する、システムがもたらされる。

【0025】

特に、従属請求項に記載のように、請求項1に記載のセグメンテーション装置、請求項14に記載のセグメンテーション方法、及び請求項15に記載のセグメンテーションコンピュータプログラムが、類似及び/又は同一の好ましい実施例を有することは理解されるべきである。

50

【 0 0 2 6 】

本発明の好ましい実施例が、従属請求項又は各独立請求項とともに上記の実施例の何れかの組合せにもなり得ることは理解される。

【 0 0 2 7 】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載された実施例から明らかであり、これらの実施例を参照して説明される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】血管造影画像データにおける血管のセグメンテーションに基づいて血流パラメータの値を計算するためのシステムであって、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション装置を有するシステムの実施例を図示する。

10

【図 2】血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションの有意位置をオペレータに表示する方法を図示する。

【図 3】血管造影画像データにおける血管の現セグメンテーションの有意位置をオペレータに表示する他の方法を図示する。

【図 4】図 1 に示されるシステムで使われる血管造影画像データにおける血管をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション方法の実施例を例示しているフローチャートを図示する。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 2 9 】

図 1 は、血管造影画像データ 3 における血管 2、この例では、人間の冠状動脈（図示略）のセグメンテーション 4 に基づいて、血流パラメータの値、この場合、冠血流予備量比（vFFR）を計算するためのシステム 1 の実施例を図示する。システム 1 は、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション装置 10 及び vFFR の値を計算するための血流パラメータ計算ユニット 14 を有する。

【 0 0 3 0 】

セグメンテーション装置 10 は、有意位置 5、すなわち、現セグメンテーション 4 が現セグメンテーション 4 に基づいて計算される vFFR の値に所定の影響を及ぼす位置として、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 の現セグメンテーション 4 の一つ又はそれより多くの位置を決定するための有意位置決定ユニット 11 及び有意位置 5 をオペレータ、例えば、医師（図示略）に表示するためのディスプレイユニット 12 を有する。これにより、オペレータが、彼/彼女のセグメンテーション労力を、vFFR の値の計算の正確さのために最も関連する現セグメンテーション 4 のそれらの位置に集中させるようにガイドされることが可能になり、それとともに、セグメンテーションプロシージャの間、オペレータの負担を軽減することが可能になる。

30

【 0 0 3 1 】

この場合、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 の現セグメンテーション 4 は、オペレータによってインタラクティブに制御される一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムの結果である。セグメンテーション装置 10 は、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 の現セグメンテーション 4 をもたらすための現セグメンテーション供給ユニット 16 を有する。現セグメンテーション供給ユニット 16 は、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 の既存の現セグメンテーション 4 が保存される、記憶ユニット 17、この場合、ハードディスクを含む。この例において、現セグメンテーション供給ユニット 16 は、オペレータのインタラクティブな制御下で血管造影画像データ 3 において冠状動脈 2 をセグメント化するための、一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムを実行するように構成されることができる。他の実施例において、血管造影画像データ 3 における冠状動脈 2 の現セグメンテーション 4 は、例えば、一つ又はそれより多くの全自動画像処理アルゴリズムを使用して、オペレータによる何れのインタラクティブな制御なしで、自動的に生成されることが可能である。

40

50

【 0 0 3 2 】

この実施例において、有意位置決定ユニット11は、一つ又はそれより多くの位置における現セグメンテーション4に依存する基準に基づいて、有意位置候補6として、現セグメンテーション4の一つ又はそれより多くの位置を決定するための有意位置候補決定ユニット13を有する。

【 0 0 3 3 】

この場合、基準は、一つ又はそれより多くの位置におけるvFFRの値に基づく。特に、その位置において計算されるvFFRの値が、既定の範囲、例えば、0.65乃至0.85の範囲内にある場合、現セグメンテーション4の位置は有意位置候補6として決定される。

【 0 0 3 4 】

この実施例において、有意位置決定ユニット11は、有意位置候補6の一つにおける、現セグメンテーション4の直径のシミュレーションされた変化に対して、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおける血流パラメータの値、この場合、vFFRを計算するための血流パラメータ計算ユニット14を更に有し、有意位置決定ユニット11は、現セグメンテーション4の直径のシミュレーションされた変化が、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおけるvFFRの値において所定の変化をもたらす場合、有意位置5として、有意位置候補6の一つを決定するように構成される。このアプローチの背景にあるヒューリスティックは、有意位置候補6の一つにおける現セグメンテーション4の直径の変化がシミュレーションされるとき、vFFRの値は、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおいて所定の態様（下記参照）で変化することが決定される場合、有意位置候補6の一つは、有意位置5とみなされるべきであり、オペレータは、それがより高い精度でセグメント化されることを確認すべきであることにある。

【 0 0 3 5 】

この実施例において、有意位置決定ユニット11の血流パラメータ計算ユニット14は、システム1の血流パラメータ計算ユニット14に対応し、この場合、上記の直径変化シミュレーションも実行するように好適に構成される。

【 0 0 3 6 】

この実施例において、有意位置決定ユニット11は、一つ又はそれより多くの有意位置候補6におけるvFFRの値が、現セグメンテーション4の直径のシミュレーションされた変化の結果として、既定の閾値、この場合、0.75の間で移行する場合、有意位置5として有意位置候補6の一つを決定するように特に構成される。

【 0 0 3 7 】

ディスプレイユニット12は、この場合、血管造影画像データ3を用いてオペレータに現セグメンテーション4を表示するように構成され、有意位置5は視覚的インジケーション7（ここで黒塗り点）によって示される。そうするための一つの可能なアプローチは、血管2、この場合、血管造影画像データ3における人間の冠状動脈（図示略）の現セグメンテーション4の有意位置5をオペレータ、例えば、医師に表示する方法を図示する図2を参照して更に詳細に記載される。

【 0 0 3 8 】

図から理解され得るように、この例において、有意位置決定ユニット11は、現セグメンテーション4の2つの位置を有意位置5として決定している。この場合、これらは視覚的インジケーション7によってオペレータに示され、図の左側における黒塗り円が、第一の有意位置を示し、図のもう少し右の黒抜き円が、第二の有意位置5を示す。黒塗り三角形によって図2において示される現セグメンテーション4の位置は、上記の認識における有意位置5として、有意位置決定ユニット11によって決定されることはないが、その位置における0.56のvFFR値は、血行力学的に有意な狭窄を明確に規定するため、それは、異なる視覚的インジケーションであるがそれを有意位置5から区別するために、この実施例においてオペレータに視覚的に示される。

【 0 0 3 9 】

図1に戻って参照すると、血流パラメータ計算ユニット14は、有意位置5におけるvFFRの

10

20

30

40

50

値を計算するように構成され、ディスプレイユニット12は、有意位置5におけるvFFRの値をオペレータに表示するように構成される。この例において、vFFRの値は0及び1の間の数として表示されることができる。たとえば、第一の有意位置5におけるvFFRの値は、0.72であり、この値は、有意位置5を指す、付属の矢印を用いて、長方形の範囲内で、図2において表示される。第二の有意位置5におけるvFFRの値は、0.78である。この値は、付属の矢印を用いて、長方形の範囲内で同様に図2において表示される。

【0040】

この実施例において、血流パラメータ計算ユニット14は、有意位置5におけるvFFRの値の確実性を計算するように構成され、ディスプレイユニット12は、有意位置5におけるvFFRの値の確実性をオペレータに表示するように構成される。このさらなる情報は、一つ又はそれより多くの更なる健康診断が必要とされるか否かを決定するため、及び/又は治療決定を行うために、オペレータ、例えば、医師にとって重要になり得る。有意位置5におけるvFFRの値の確実性は、上記長方形の範囲内におけるレンジブラケットとして図2に表示される。

10

【0041】

血流パラメータ計算ユニット14は、ここで、期待セグメンテーションエラーにより、有意位置5における現セグメンテーション4の直径の変化をシミュレーションすることによって、有意位置5におけるvFFRの値の確実性を計算するように構成される。この期待セグメンテーションエラーは、平均直径値の関数として、訓練されたオペレータによって実行されるセグメンテーションの、実験的に決定された平均直径変化であってもよい。

20

【0042】

この場合、有意位置5においてvFFRの値の確実性を計算するために実行される期待セグメンテーションエラーによる有意位置5における現セグメンテーション4の直径の、シミュレーションされた変化は、有意位置候補6が確かに、有意位置（上記参照）になるかを決定するために実行される現セグメンテーション4の直径の、シミュレーションされた変化と同じになる。すなわち、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおけるvFFRの値が、期待セグメンテーションエラーによる有意位置候補6における現セグメンテーション4の直径の、シミュレーションされた変化の結果として、既定の閾値、この場合、0.75の間で移行する場合、有意位置決定ユニット11は、有意位置5として有意位置候補6を決定する。

【0043】

30

図2において、有意位置決定ユニット11によって決定される2つの有意位置5は、異なる視覚的インジケーション7（この場合、第一の有意位置5を示すための黒塗り円、及び第二の有意位置5を示すための黒抜き円）によって示される。この理由は、この例において、第一の有意位置5に対して、その位置（すなわち、対応する有意位置候補6）におけるvFFRの値が、（期待セグメンテーションエラーに対してvFFR値は必ず0.68及び0.77の間にあるため）その位置における、現セグメンテーション4の直径の、シミュレーションされた変化の結果として、0.75値の間で移行すると決定されていることにある。他方で、第二の有意位置5におけるvFFRの値の、表示された確実性から理解され得るように、期待セグメンテーションエラーによる、その位置（すなわち、対応する有意位置候補6）における現セグメンテーション4の直径の、シミュレーションされた変化は、（vFFR値が必ず0.76及び0.80の間にある）位置において、0.75値の間で移行するvFFRの値をもたさない。しかしながら、この例において、第二の有意位置5における現セグメンテーション4は、第一の有意位置5に対応する有意位置候補6において計算されるvFFRの値に所定の影響を及ぼすことが判明している。これらの異なる群は、記載された、異なる視覚的インジケーション7によってオペレータに示される。

40

【0044】

この実施例において、有意位置決定ユニット11は、現セグメンテーション4においてのみ不完全にセグメント化される冠状動脈2の構造9に対して、不完全にセグメント化された構造9の、推定されたセグメンテーションの直径の、シミュレーションされた変化が、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおいてvFFRの値における所定の変化をもたらすか

50

を決定するように構成され、ディスプレイユニット12は、視覚的インジケーション8によって、決定の結果をオペレータに表示するように構成される。これは、例えば一つ又はそれより多くの半自動画像処理アルゴリズムが、このような微細構造で十分に動作し得ないため、現セグメンテーション4において完全にセグメント化されていない、非常に細い先端動脈構造9に対して、図2を参照して説明される。この実施例において、例えば、この構造9のセグメンテーション（図示略）は、冠状動脈2の、隣接する構造から推定され、推定されたセグメンテーションの直径の変化がシミュレーションされる。このようなシミュレーションが、有意位置候補6の一つ又はそれより多くにおけるvFFRの値において所定の変化をもたらさない場合、この構造9の更なるセグメンテーションは必要とされなくてもよい。これは、この場合、好適な視覚的インジケーション8によってオペレータに表示される。

10

【0045】

図1に戻って参照すると、この実施例において、セグメンテーション装置10は、オペレータが、少なくとも有意位置5において現セグメンテーション4を修正することを可能にするためのセグメンテーション修正ユニット15を有する。これにより、オペレータが、vFFRの値の計算の正確さに最も関連する、それらの位置において現セグメンテーション4を更新し、改善することは可能になる。この例において、オペレータは、有意位置5において現セグメンテーション4を改良するために、一つ又はそれより多くのノードを加えるか、又は除去することができる。

【0046】

20

図3は、血管2、この場合、血管造影画像データ3における人間の冠状動脈（図示略）の現セグメンテーション4の有意位置5をオペレータ、例えば、医師に表示する他の方法を図示する。この図から、この例において、有意位置決定ユニット11は、現セグメンテーション4からのvFFRの計算の正確さが、近位のLADにおいて決定される有意位置5における現セグメンテーション4の正確さに有意に依存することを決定していることは理解され得る。この場合、血管造影画像データ3は、現セグメンテーション4で3D表示においてオペレータに表示され、有意位置5は、黒塗り円（上記参照）によってオペレータに示される。この例において、有意位置5におけるvFFRの値及びその確実性は、ディスプレイユニット12によってオペレータに表示されない。しかしながら、他の例において、これらの値は、上の図2を参照して記載されるのと同様の態様で表示されることができる。

30

【0047】

図4は、図1に示されるシステムで使われる血管造影画像データ3における血管2をインタラクティブにセグメント化するためのセグメンテーション方法の実施例を例示しているフローチャートを図示する。

【0048】

ステップ101において、血管造影画像データ3における、血管2、この例において、人間の冠状動脈の現セグメンテーション4の一つ又はそれより多くの位置は、現セグメンテーション4が、有意位置決定ユニット11によって、現セグメンテーション4に基づいて計算される、血流パラメータ、この場合、仮想冠血流予備量比（vFFR）の値に所定の影響を及ぼす、有意位置5として決定される。ステップ102において、有意位置5は、ディスプレイユニット12によって、オペレータに表示される。これにより、オペレータは、彼/彼女のセグメンテーションの労力を、FFRの値の計算の正確さのために最も関連する現セグメンテーション4のそれらの位置に集中させるようにガイドされることが可能になり、セグメンテーションプロセスの間、オペレータにかかる負担は軽減されることが可能になる。この実施例において、ステップ103において、オペレータは、セグメンテーション修正ユニット15によって、少なくとも有意位置5において現セグメンテーション4を修正することを可能にされる。血管造影画像データ3において冠状動脈2の現セグメンテーション4を徐々に改善するために、ステップ101乃至103は繰り返し実行されることができる。

40

【0049】

上記のセグメンテーション方法の更なる詳細及び/又は構成は、上の図1乃至3を参照し

50

て詳細に記載されるセグメンテーション装置10の対応する説明から理解されることができ
る。

【0050】

図1乃至3を参照して詳細に記載される実施例において、血管は、人間の冠動脈であり、血流パラメータは、仮想冠血流予備量比(vFFR)であり、本発明は、血管造影画像データにおける人間又は他の生体の他の好適な解剖学的構造のインタラクティブセグメンテーションに適用されることもできる。たとえば、インタラクティブにセグメント化される血管は、脳循環系若しくはその部分、又は動脈の主要管又は人間若しくは他の生体のその部分を含むことができる。血流パラメータは、vFFR若しくは選ばれた解剖学的構造のセグメンテーションに基づいて計算される、類似したvFFR同様の測定になることが可能であり、又は含むことが可能であり、又は例えば、圧力及び/若しくはその比率の計算に基づく他の血流パラメータになることが可能であり、又は含むことが可能である。

10

【0051】

図1を参照して詳細に記載される実施例において、基準は、一つ又はそれより多くの位置におけるvFFRの値に基づくが、他の実施例において、基準は、他のもの、例えば、一つ又はそれより多くの位置における現セグメンテーションの直径の変化率に基づくこともできる。たとえば、その位置の現セグメンテーションの直径の変化率が大きい場合、現セグメンテーションの位置は、有意位置候補として決定されることができ。これは、例えば、変化率を既定の閾値と比較することによって決定されることができ。更に、基準が、vFFRの値と一つ又はそれより多くの位置における現セグメンテーションの変化率との両方に基づくことも可能である。

20

【0052】

開示の実施例に対する他のバリエーションは、図面、開示、及び従属請求項の検討から特許請求の範囲に記載の発明を実施する当業者によって理解され得ると共にもたらされ得る。

【0053】

クレームにおいて、"有する"という語は他の要素若しくはステップを除外せず、不定冠詞"a"若しくは"a n"は複数を除外しない。

【0054】

単一のユニット又はデバイスがクレームに列挙される複数の項目の機能を満たしてもよい。特定の手段が相互に異なる従属クレームに列挙されているという単なる事実はこれら手段の組み合わせが有利に使用されることができないことを示すものではない。

30

【0055】

一つ又は複数のユニット又はデバイスによって実行される、有意位置としての、現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置の決定のようなプロシージャ、一つ又はそれより多くの有意位置候補の決定、有意位置の、オペレータへの表示等は、何れかの他の数のユニット又はデバイスによっても実行されることもできる。これらの、セグメンテーション方法によるセグメンテーション装置の制御及び/又はプロシージャは、専用ハードウェアとして、及び/又はコンピュータプログラムのプログラムコード手段として実現されることができ。

40

【0056】

コンピュータプログラムは他のハードウェアと一緒に若しくはその一部として供給される光学記憶媒体若しくは固体媒体などの適切な媒体上に記憶及び/又は分配され得るが、インターネット又は有線若しくは無線通信システムなどを介して他の形式で分配されてもよい。

【0057】

請求項の参照番号は、これらの請求項の保護範囲を限定するものではない。

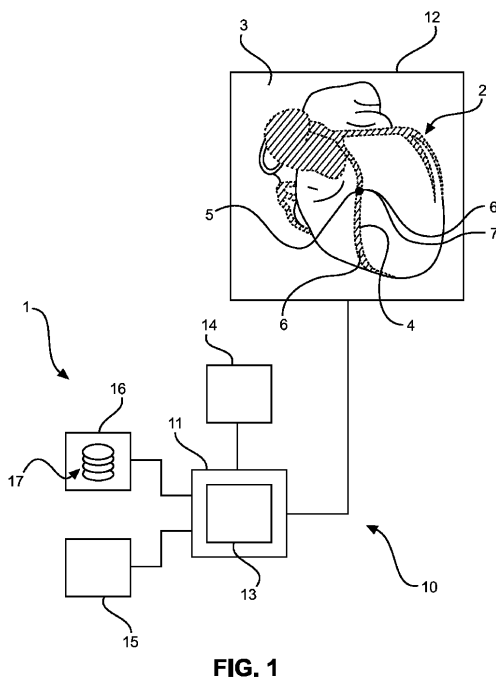
【0058】

本発明は、血管造影画像データにおいて血管をインタラクティブにセグメント化するための、セグメンテーション装置に関する。前記セグメンテーション装置は、現セグメンテ

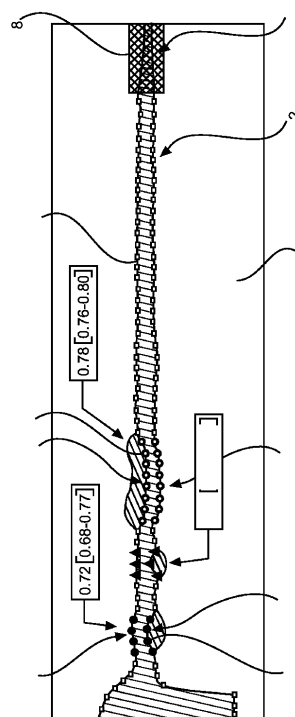
50

ーションが、現セグメンテーションに基づいて計算される血流パラメータの値に所定の影響を及ぼす、有意位置として、血管造影画像データにおいて血管の現セグメンテーションの一つ又はそれより多くの位置を決定するための有意位置決定ユニットと、有意位置をオペレータに表示するためのディスプレイユニットとを有する。それによって、オペレータは、彼/彼女のセグメンテーションの労力を、血流パラメータの値の計算の正確さのために最も関連する現セグメンテーションのそれらの位置に集中させるようにガイドされることができる。これにより、セグメンテーションプロシージャの間、オペレータにかかる負担は軽減されることが可能になる。

【図 1】



【図 2】



【図 3】

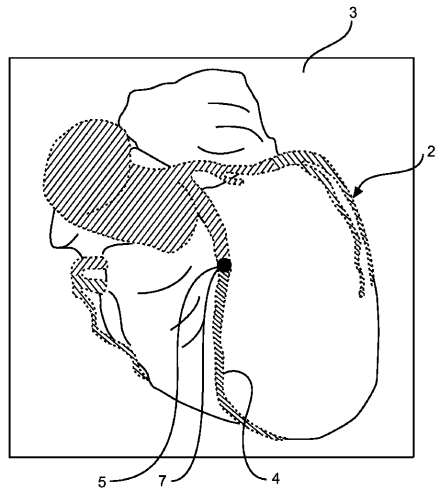


FIG. 3

【図 4】

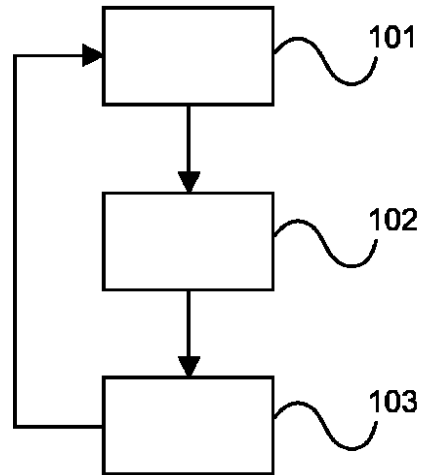


FIG. 4

フロントページの続き

- (72)発明者 ブレフルハル スフェン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ニキッシュ ハンネス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 スミット ホルヘル
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

審査官 遠藤 直恵

- (56)参考文献 特表 2 0 1 3 - 5 0 5 7 8 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 0 1 4 5 7 4 (U S , A 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---|
| A 6 1 B | 6 / 0 0 - 6 / 1 4 |
| A 6 1 B | 5 / 0 5 5 |
| G 0 6 T | 1 / 0 0 - 1 / 4 0 , 3 / 0 0 - 5 / 5 0 , 9 / 0 0 - 9 / 4 0 |