

## 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

なし

雑誌

なし

(添付1) 学会発表に関する資料

橋田 葉子, 小助川 博之, 信太 宗也, 斉木 佳克, 松永 忠雄, 戸津 健太郎, 芳賀 洋一, 太田 信、多機能なカテーテル評価のための PVA-H モデルを用いた循環路システムの開発、日本人工臓器学会, 2010 年 11 月 18-20 日, pp. S-58

# 人工臓器

日本人工臓器学会  
Vol.39 No.2 2010  
ISSN 0300-0818

第39巻 第2号  
平成22年11月1日発行  
年3回発行

# 2

## The Japanese Journal of Artificial Organs

第48回日本人工臓器学会大会予稿集



[パネルディスカッション2] 9:00 ~ 11:00

人工肺/ECMOの研究開発戦略と臨床応用の実際

座長： 巽 英介 (国立循環器病研究センター)

舟久保昭夫 (東京電機大学)

- P2-01 長期使用を目指した次世代型人工肺の開発研究と臨床応用  
片桐 伸将 (国立循環器病研究センター研究所 人工臓器部)
- P2-02 新小児補助循環システム開発におけるシーズとニーズの融合  
林 輝行 (国立循環器病研究センター臨床工学部)
- P2-03 重症呼吸不全に対する Extracorporeal Life Support の臨床の現状と問題点  
市場 晋吾 (岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 地域医療学講座)
- P2-04 Portable heart-lung machine 新時代の到来  
磯山 隆 (東京大学大学院医学系研究科医用生体工学)
- P2-05 人工肺・補助循環の開発研究—企業の立場から PCPS の経験を踏まえて—  
押山 広明 (テルモ研究開発センター)

[一般演題] 11:10 ~ 12:00

体外循環・人工心肺 (1)

座長： 橋本 成広 (大阪工業大学大学院 生体工学専攻)

山城 聡 (琉球大学 第2外科)

- 68 心拍動下冠動脈バイパス術におけるカーディオパットシステム術後回収式自己血輸血の安全性の検討  
松村 武史 (順天堂大学順天堂医院心臓血管外科)
- 69 開心術での人工心肺に伴う血液損傷による侵襲に対する一つの臨床的手法  
佐藤 浩一 (新潟大学大学院医歯学総合研究科呼吸循環外科学分野)
- 70 Patent LITA graft における心臓再手術症例における心筋保護の工夫  
大畑 俊裕 (KKR 札幌医療センター心臓血管外科)
- 71 心肥大合併症例に対する逆行性持続的冠灌流法の有用性  
長谷川武生 (札幌医科大学附属病院臨床工学室)

[パネルディスカッション5] 14:00 ~ 15:45

生体工学技術による人工臓器評価

座長： 白石 泰之 (東北大学加齢医学研究所 心臓病電子医学分野)

佐藤 智明 (東京女子医科大学)

特別発言： 梅津 光生 (早稲田大学 TWIns)

- P5-01 TR 実践のための戦略的高機能拠点整備事業医用材料の生物学的試験法の開発・改良 (1)・染色体異常試験法のスケールダウン化  
土屋 利江 (大阪大学医学部付属病院未来医療センター)
- P5-02 体外循環装置操作技能・チーム連携評価における仮想患者シミュレータの活用  
二宮 伸治 (広島国際大学保健医療学部臨床工学科)
- P5-03 臨床現場で学んだ経験をもとに使いやすさ向上を狙った大血管ナビゲーションシステム  
植松 美幸 (国立医薬品食品衛生研究所医療機器部)
- P5-04 工学的アプローチによる冠動脈バイパス手術訓練と手技の定量的評価  
朴 栄光 (東京女子医科大学・早稲田大学共同大学院共同先端生命医科学専攻)
- P5-05 多機能なカテーテル評価のための PVA-H モデルを用いた循環路システムの開発  
橋田 葉子 (東北大学 流体科学研究所)
- P5-06 折り紙から組木細工へセルフリー再生医療デバイスの設計  
中山 泰秀 (国立循環器病研究センター研究所生体工学部)

[一般演題] 15:45 ~ 16:45

体外循環・人工心肺 (2)

座長： 北市 隆 (徳島大学大学院バイオサイエンス研究部 心臓血管外科学)

本間 章彦 (東京電機大学)

- 72 開心術における術中希釈式自己血貯血の有効性  
別府 政則 (高松赤十字病院 医療機器管理課)
- 73 ハイリスク虚血性心疾患患者に対する、閉鎖チャンバー式閉鎖回路を用いた on-pump beating CABG の検討

## Abstract

### P5-04 工学的アプローチによる冠動脈バイパス手術訓練と手技の定量的評価

<sup>1</sup>東京女子医科大学・早稲田大学共同大学院共同先端生命医科学専攻、<sup>2</sup>早稲田大学大学院創造理工学研究科総合機械工学専攻、<sup>3</sup>早稲田大学創造理工学部総合機械工学科、<sup>4</sup>早稲田大学理工学術院

朴 栄光<sup>1</sup>、牧野 穂高<sup>2</sup>、穂積 芳郎<sup>3</sup>、八木 高伸<sup>4</sup>、梅津 光生<sup>1</sup>

工学的アプローチによる冠動脈バイパス手術訓練と手技の定量的評価【目的】若手外科医が高度な専門手術を修練するための手段として、シミュレータによるトレーニングの実現が世界的に期待されている。これまでに拍動下冠動脈バイパス手術(Off-Pump CAB)における血管吻合手技を対象とした訓練シミュレータを開発し、国内において70台を導入した。臨床現場では、シミュレータを用いたトレーニングにおいては、学習効率の向上、訓練へのモチベーション維持のため、手技の定量的評価の実現が求められている。本研究では、吻合手技訓練における定量的評価方法の確立を目指している。本発表では、若手心臓外科医の継続的シミュレータ訓練を対象とし、吻合スキルの定量的評価方法に関する検討結果を報告する。【方法】拍動下冠動脈バイパス手術訓練装置(BEAT-S1)を用い、330吻合(2007年12月～2010年6月)の吻合訓練を実施した。訓練初期と後期の吻合済み冠動脈モデルに対して、1)吻合時間、2)吻合部近傍エネルギー損失を計測した。吻合時間は、一吻合における各運針時間、及び累積運針時間を計測した。吻合部近傍における圧力損失値は、ヒト冠動脈における流量、圧力波形を再現したIn-vitro冠循環シミュレータに吻合済みモデルを組み込み、グラフト流入口、及び冠動脈末梢側の差圧を計測した。【結果】吻合時間は初期の16.7 min(12吻合)に対して11.3 min(300吻合)と32.1%の短縮が確認された。各運針の標準偏差は、初期の24.3 sから後期の8.3 sに65.8%減少し、運針がよりスムーズに変化していることが確認された。エネルギー損失に関しても訓練後期が、初期に比して減少していることが確認された。【結論】拍動下冠動脈バイパス手術における血管吻合訓練における定量的評価方法の検討を行った。シミュレータによる継続的訓練を通じた吻合時間、及びエネルギー損失に関する改善が確認された。今後は本評価の導入による訓練効果の向上に関する検証を行う予定である。

### P5-05 多機能なカテーテル評価のためのPVA-Hモデルを用いた循環路システムの開発

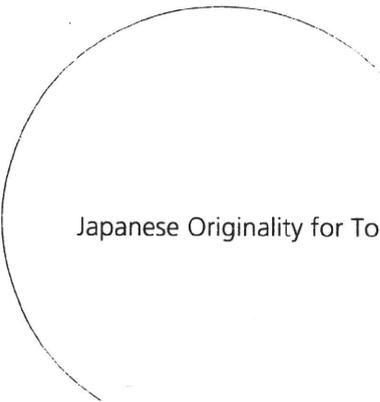
<sup>1</sup>東北大学 流体科学研究所、<sup>2</sup>東北大学 大学院工学研究科、<sup>3</sup>東北大学 大学院医工学研究科、<sup>4</sup>東北大学 大学病院心臓血管外科、<sup>5</sup>東北大学 マイクロシステム融合研究センター

橋田 葉子<sup>1</sup>、小助川 博之<sup>2</sup>、信太 宗也<sup>3</sup>、齋木 佳克<sup>4</sup>、松永 忠雄<sup>3</sup>、戸津 健太郎<sup>5</sup>、芳賀 洋一<sup>3</sup>、太田 信<sup>3</sup>

【背景・目的】近年、低侵襲な治療方法として血管内治療が注目され、多機能なカテーテルやガイドワイヤの開発が大きく展開している。特に、術後の残存狭窄の評価のため、狭窄前後の圧差計測を可能にしたカテーテルの開発が進んでいる。このため、カテーテルで計測される圧力の精度の評価や、生体内と同様の拍動流れの中でカテーテルの操作性を評価するシステムの開発が必要とされるようになってきた。これまで、本研究室では透明性に優れ、任意の物性値を再現でき、3次元複雑形状のモデル作製が可能な材料であるPoly(vinyl alcohol)hydrogel(PVA-H)を用いたバイオモデルの開発がおこなわれてきた。そこで、PVA-Hモデルを循環路システムに組み込むことにより、疾患の実形状での評価が可能になると考えられる。本開発では、狭窄前後の圧差計測を可能にしたカテーテルの評価のため、圧力計測、およびカテーテル挿入時の流れの計測、カテーテルの操作性評価を可能とする、PVA-H狭窄モデルを用いた循環路システムの開発を行うことを目的とした。【方法】本循環路システムを、拍動流れを再現する拍動ポンプ(HARVARD Model 1423)、PVA-H狭窄モデルで構成した。PVA-H狭窄モデルは実形状CTデータからロストワックス法を用いて作製した。また流れ計測を可能とするため、ポアズイユ流れが狭窄に流入するような初期条件にするため、モデル内に助走区間を設けた。また、PVA-H狭窄モデルのproximalとdistalで圧力が計測できるように圧力計(Keyence AP-12S)を設置した。計測される圧力および流量はLabVIEW(National Instruments)を用いて時系列的にデータ集録を行った。【結果・考察】本循環路システムに組み込んだPVA狭窄モデルは、実形状を再現したモデルであることを確認した。また、PVA-H狭窄モデルの上流の圧力を75から110mmHgの圧力波形に設定することが可能であった。以上の結果より、本循環路は圧力の精度や臨床時の操作性に関する評価に適したシステムであるといえる。

# JSAO2010

## 第48回日本人工臓器学会大会 The 48th Annual Meeting of the Japanese Society for Artificial Organs



Japanese Originality for Tommorow

- 会 期** 平成21年11月18日(木)・19日(金)・20日(土)
- 会 場** 仙台国際センター  
仙台市青葉区青葉山
- 大会長** 山家智之  
(東北大学加齢医学研究所 心臓病電子医学分野 教授)
- 実行委員長** 齋木佳克  
(東北大学大学院医学系研究科 心臓血管外科 教授)

大会事務局  
〒980-8575 仙台市青葉区星陵町4-1  
東北大学加齢医学研究所 心臓病電子医学分野  
Tel: 022-717-8517 Fax: 022-717-8518  
Email: jsao2010@idac.tohoku.ac.jp  
〔大会当日直通〕  
Tel: 022-234-8611 (11月18日～20日)

(添付2) 学会発表に関する資料

清光 千早, 小助川 博之, 橋田 葉子, 太田 信、壁厚制御された PVA-H 血管バイオモデルの開発、日本人工臓器学会, 2010 年 11 月 18-20 日, pp. S-157

# 人工臓器

日本人工臓器学会  
Vol.39 No.2 2010  
ISSN 0300-0818

第39巻 第2号  
平成22年11月1日発行  
年3回発行

# 2

## The Japanese Journal of Artificial Organs

第48回日本人工臓器学会大会予稿集



## Program

- 121 年齢別にみた大動脈弁置換術前後の左室収縮能、拡張能の検討  
本田賢太郎 (和歌山県立医科大学 第一外科)
- 122 慢性透析患者における機械弁使用の妥当性の検討  
堂前圭太郎 (国立循環器病研究センター)
- 123 感染性心内膜炎手術における人工物の使用と遠隔成績  
桑原 史明 (名古屋大学大学院心臓外科)
- 124 人工心臓弁の機能不全発症に関わる遺伝子多型の探索のための SNP 解析  
澤田 留美 (国立医薬品食品衛生研究所医療機器部)

### 〔一般演題〕 14:00 ~ 14:40

#### 人工心臓 (6)

- 座長： 徳永 滋彦 (神奈川県立循環器呼吸器病センター)  
田中 明 (福島大学共生システム理工学類)
- 125 完全体内埋込型人工心臓駆動用経皮エネルギー伝送システム—空心型経皮トランスフォーマーのコイル寸法の検討—  
若林 春貴 (東京理科大学大学院理工学研究科電気工学専攻)
- 126 生体組織電気特性を利用した体内・体外通信システムの通信特性と評価  
加藤 良都 (東海大学大学院理工学研究科電子情報工学専攻)
- 127 光電子増倍管による微弱発光を観測するための経時的計測装置の開発  
掛川 竜馬 (大阪工業大学大学院工学研究科生体医学専攻)

### 〔教育講演2〕 14:40 ~ 15:10

- 座長： 阿部 裕輔 (東京大学大学院医学系研究科)
- EL2 Intra-dialytic electrostimulation of leg extensors may improve physical fitness in hemodialysis patients  
Petr Dobsak (St. Anna Faculty Hospital and Masaryk University of Brno, Czech Republic)

### 〔一般演題〕 15:10 ~ 16:25

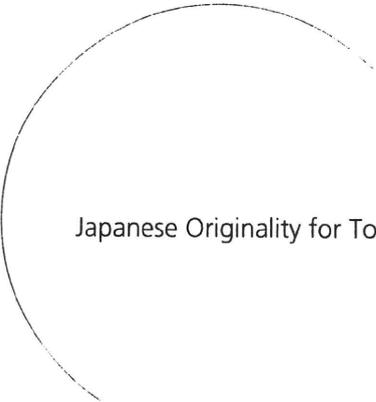
#### 環境・生理

- 座長： 花崎 和弘 (高知大学医学部 外科学講座外科1)  
柴田 宗一 (宮城県立循環器・呼吸器病センター)
- 128 ICU患者における人工臓腑の血糖変動抑制に関する検討  
矢田部智昭 (高知大学教育研究部医療学系医学部門麻酔科学講座)
- 129 ラット末梢筋交感神経電気刺激による末梢組織への糖取込みの亢進  
佐々木寛之 (山形大学大学院医学系研究科生命環境医学専攻)
- 130 災害医療と人工臓器—その役割・意義・課題の検討  
原口 義座 (国立病院機構災害医療センター外科)
- 131 パンデミックと人工臓器—インフルエンザパンデミック対策を振り返って  
原口 義座 (国立病院機構災害医療センター外科)
- 132 心房細動治療用冷却新デバイス開発の試み  
古賀 千尋 (東北大学大学院医工学研究科)
- 133 壁厚制御されたPVA-H血管バイオモデルの開発  
清光 千早 (東北大学大学院医工学研究科医学専攻)

# JSAO2010

## 第48回日本人工臓器学会大会

The 48th Annual Meeting of the Japanese Society for Artificial Organs



Japanese Originality for Tommorow

- 会 期** 平成21年11月18日(木)・19日(金)・20日(土)
- 会 場** 仙台国際センター  
仙台市青葉区青葉山
- 大会長** 山家智之  
(東北大学加齢医学研究所 心臓病電子医学分野 教授)
- 実行委員長** 齋木佳克  
(東北大学大学院医学系研究科 心臓血管外科 教授)

**大会事務局**

〒980-8575 仙台市青葉区星陵町4-1

東北大学加齢医学研究所 心臓病電子医学分野

Tel: 022-717-8517 Fax: 022-717-8518

Email: jsao2010@idac.tohoku.ac.jp

[大会当日直通]

Tel: 022-234-8611 (11月18日～20日)

## 一般演題 / 再生医学 (3)

## 133 壁厚制御された PVA-H 血管バイオモデルの開発

<sup>1</sup> 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻、<sup>2</sup> 東北大学大学院工学研究科、<sup>3</sup> 東北大学流体化学研究所

清光 千早<sup>1</sup>、小助川 博之<sup>2</sup>、橋田 葉子<sup>3</sup>、太田 信<sup>3</sup>

血管内治療は脳血管疾患および循環器系疾患に対する低侵襲な治療法として注目されている。しかしながら、術者は高度な技術と経験を必要とすることから、モデル(バイオモデル)が治療のトレーニングに有効であると考えられている。特に、実際の血管に近い形状と力学的特性を持った血管モデルは、血管内治療用デバイスの技術開発や術前診断等にも利用できる他、*in vitro*での血流解析法への貢献が期待されている。このような血管バイオモデルの材料として、Poly (vinyl alcohol) Hydrogel (PVA-H) が注目されている。PVA-H は高い透明性を示すゲルであるため挿入されたデバイスの状態を直接視認できること、低い表面摩擦抵抗を有していることから治療デバイスの操作性が体内での操作性と非常に似せることが可能なことや、化学的構造と濃度を調節することで血管に近い力学的特性を示していることから血管の挙動を再現できることなどの特長を持っている。このような弾性率を有する場合、壁厚はカテーテルのトラッカビリティの再現および血管の拍動を再現する上で特に重要となるが、PVA-H 血管バイオモデルの厚さを制御する加工法は報告されていない。そこで筆者らは Dip-Coating 法に注目した。Dip-Coating 法は材料を溶かした溶液に基板を浸漬し、一定の速度で引き上げることで基板表面に一定の厚さを持つ薄膜を形成する成膜法である。本研究では Dip-Coating 法を用いて PVA-H の薄膜を作成し、膜厚の測定を行った。この結果、薄膜と基板の引き上げ速度および PVA 溶液の濃度との間に一定の相関性があることが示唆された。またチューブ形状の PVA-H 試料を作成し、その壁厚を測定した。この結果、チューブ形状の PVA-H の壁厚を一定の精度で制御できることが示唆された。これらの結果から、壁厚の制御された PVA-H 血管バイオモデルの開発が可能であると考えられる。

## 134 組織工学的に皮下で作製した心臓弁付き Conduit (Biovalve) の大動脈系自家移植による性能評価

<sup>1</sup> 国立循環器病研究センター人工臓器部、<sup>2</sup> 国立循環器病研究センター生体医工学部、<sup>3</sup> 京都府立医科大学附属病院心臓血管外科、<sup>4</sup> 関西大学システム理工学部

武輪 能明<sup>1</sup>、中山 泰秀<sup>2</sup>、山南 将志<sup>3</sup>、花田 徹<sup>1,3</sup>、安藤 政彦<sup>1,3</sup>、齋藤 友宏<sup>1</sup>、松井 悠一<sup>4</sup>、神田 圭一<sup>3</sup>、夜久 均<sup>3</sup>、田地川 勉<sup>4</sup>、大場 謙吉<sup>4</sup>、妙中 義之<sup>1</sup>、巽 英介<sup>1</sup>

【目的】我々は人工物を体内に留置した際に起こる結合組織によるカプセル化反応を組織工学に応用し、皮下などの体内を組織構築の場(バイオリクター)にして自己組織からなる移植片を作製するという新しい生体内組織形成技術(In body tissue architecture technology)を開発している。これまで本技術を用いて心臓弁付き Conduit (Biovalve) を作製し、肺動脈弁位に移植し評価してきた。今回、大動物(成ヤギ)を用いた大動脈系自家移植実験に成功したので報告する。【方法】Biovalve の鑄型はアクリル製で、Valsalva 洞状の膨らみを持つ凹型と開口状態の三葉弁形状で合致する凸型から成り、両者を接合後、成ヤギ背部の皮下に埋入して8週間後摘出した。鑄型を除去して3つの薄い弁葉と Valsalva 洞状形態を持つ Conduit 型の Biovalve が得られ、これを人工血管に組み込んだグラフトを用いて手術的に左室心尖脱血、下行大動脈送血の左心バイパス(Apico-aortic bypass)を作成し、動脈圧負荷がかかる状態で Biovalve の性能を評価した。【結果】術直後の血管造影でバイパスグラフトの血流は良好であった。術後4週間現在、動脈圧 100-150 mmHg、バイパス流量 2.5-4 L/min の条件下でも問題なく経過している。経胸壁エコーで Biovalve 弁葉の可動性は良好で狭窄や逆流もなく弁輪径の拡張も認めていない。【結論】本技術にて煩雑な生体外での細胞操作や無菌室などの設備を必要とせず設計通り機能的な心臓弁の作製が可能で、高圧系でも自己弁に近い高い性能を持つことが示された。Biovalve は自家移植が可能で感染や免疫反応の心配が少なく、また、自己内臓組織の形成による抗血栓性や耐久性の向上も期待されることから、将来有望な、大動脈弁置換や大動脈根部置換などの移植グラフとなることが期待される。また、本研究で用いた Apico-aortic bypass は、高圧系での大動脈弁機能評価のための有効な慢性大動物実験モデルであり、今後の Translational research の推進にも大きく寄与するものと考えられる。

(添付3) 学会発表に関する資料

信太 宗也, 小助川 博之, 橋田 葉子, 太田 信, 血管バイオモデル内流れのPIV計測のための疑似血液流体開発, 日本流体力学学会年会 2010, 2010年9月9-11日 pp. 217

ISSN 1342-8004

日本流体力学会誌  
「ながれ」29巻別冊

# 日本流体力学会年会 2010

## 講演要旨集

Proceedings of 2010 Annual Meeting,  
Japan Society of Fluid Mechanics

2010年9月9日(木)~9月11日(土)  
北海道大学 札幌キャンパス

自由落下タンプリング平板の実験的研究 . . . . . 200  
 早川 昌志(同志社), 平田 勝哉(同志社), 舟木 治郎(同志社)

10:50-12:30 (第2日目:会場5) 宇宙・惑星(1) 座長:松田 卓也(中之島科研)  
 自己重力開放系の非平衡過程と恒星ポリトロープの準平衡構造 . . . . . 201  
 小松 信義(金沢大), 木綿 隆弘(金沢大), 木村 繁男(金沢大)  
 相対論的Sweet-Parker型磁気リコネクションの数値的研究 . . . . . 202  
 高橋 博之(NAOJ), 松本 仁(京都大), 政田 洋平(神戸大), 工藤 哲洋(NAOJ)  
 初期抵抗擾乱をうけた電流シートのMHDシミュレーション—ガイド磁場の効果 . . . . . 203  
 横山 央明(東京大地球惑星), 磯部 洋明(京都大宇宙ユニット)  
 ボルツマン粒子法の改良: 可変粒子数の手法 . . . . . 204  
 猪坂 弘(島津), 松田 卓也(中之島科研), 大杉 幸督(神大)  
 分子流体力学法によるBII流の計算 . . . . . 205  
 大杉 幸督(神大院), 松田 卓也(神大院), 猪坂 弘(島津)

14:30-16:10 (第2日目:会場5) 宇宙・惑星(2) 座長:横山 央明(東大地球惑星)  
 円盤銀河の渦状衝撃波構造 Wiggle instabilityの再検討 . . . . . 206  
 花輪 知幸(千葉大), 菊池 大輔(千葉大)  
 ボンディ・ホイール・リットルトン降着流の不安定性の数値シミュレーション . . . . . 207  
 松田 卓也(中之島科研), 猪坂 弘(島津), 大杉 幸督(神大)  
 銀河ガス円盤プラズマの3次元磁気流体数値実験 . . . . . 208  
 町田 真美(九大)  
 降着円盤における準周期振動の3次元磁気流体数値実験 . . . . . 209  
 松元 亮治(千葉大), 町田 真美(九州大), 小川 崇之(千葉大)  
 原始惑星系円盤ダスト層におけるストリーミング不安定性 . . . . . 210  
 石津 尚喜(国立天文台), 犬塚 修一郎(名大), 関谷 実(九大)

16:40-18:00 (第2日目:会場5) 宇宙・惑星(3) 座長:松元 亮治(千葉大)  
 上端心力無し, 下端滑り無し条件を課した回転球殻中に出現する弱磁場ダイナモ . . . . . 211  
 佐々木 洋平(京大・理), 竹広 真一(京大・数理研), 林 祥介(神戸大・理), 倉本 圭(北大・理)  
 太陽浮上磁場の2次元磁気流体シミュレーション . . . . . 212  
 島海 森(東大・理・地惑), 横山 央明(東大・理・地惑)  
 磁束輸送ダイナモにおける太陽の大局的磁場の対称性 . . . . . 213  
 堀田 英之(東大), 横山 央明(東大)  
 クロス・ヘリシティ効果から見た太陽対流層の振動 . . . . . 214  
 横井 喜充(東大生研)

(9月10日)

■ 会場 6 (E311教室) ■

9:00-10:20 (第2日目:会場6) 生体の流れ(1) 座長:関 眞佐子(関西大)  
 傾斜遠心顕微鏡で撮影された連続画像のぶれ補正手法 . . . . . 215  
 白井 敦(東北大流体研), 早瀬 敏幸(東北大流体研)  
 血流の超音波計測融合シミュレーションにおけるゼロ表示されたドブラ速度のフィードバックの影響 . . . . . 216  
 船本 健一(東北大流体研), 早瀬 敏幸(東北大流体研), 西條 芳文(東北大),  
 山家 智之(東北大加齢研)  
 血管バイオモデル内流れのPIV計測のための疑似血液流体開発 . . . . . 217  
 信太 宗也(東北大院), 小助川 博之(東北大院), 橋田 葉子(流体研), 太田 信(流体研)

## 血管バイオモデル内流れのPIV計測のための疑似血液流体開発 Development of Blood-Mimicking Fluid for Particle Image Velocimetry of Flow in Vascular Biomodel

- 信太宗也 1, 東北大医工学, 仙台市青葉区片平 2-1-1, shida@biofluid.ifs.tohoku.ac.jp;  
小助川博之 2, 東北大工学, 仙台市青葉区片平 2-1-1, hiro-kosuke@biofluid.ifs.tohoku.ac.jp;  
橋田葉子 3, 東北大流体研, 仙台市青葉区片平 2-1-1, hashiday@tech.ifs.tohoku.ac.jp;  
太田 信 4, 東北大流体研, 仙台市青葉区片平 2-1-1, ohta@biofluid.ifs.tohoku.ac.jp;  
Shuya Shida, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai, 980-8577, Japan  
Hiroyuki Kosukeyawa, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai, 980-8577, Japan  
Yoko Hashida, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai, 980-8577, Japan  
Makoto Ohta, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai, 980-8577, Japan

An in-vitro work fluid to apply to Poly (vinyl alcohol) hydrogel (PVA) model integrated in a circulation system are developed using glycerol. The index of refraction of the fluid is matched to that of PVA model and the model is connected to the circulation system with a pulsatile pump. The viscosity can also be changeable for matching the blood. Since the compliance of PVA model is similar to the arterial wall, the circulation system with PVA model will be helpful for comparison of flow dynamics in rigid wall or for evaluation of medical devices such as stent or coil touching on the artery. These topics are also strong relationship with the rupture of cerebral aneurysm that usually causes subarachnoidal hemorrhage (SAH) and sever morbidity.

### 1. 背景

くも膜下出血等の致命的な症状を引き起こす脳動脈瘤の破裂は、血行動態と密接な関係があるとされている<sup>1)</sup>。また瘤の治療に血管内治療がその低侵襲性から注目を浴びており、血管内治療で用いられる医療デバイスの効果が数値流体手法や生体外循環バイオモデル内流れの Particle Image Velocimetry (PIV)<sup>2)</sup>によって解析されている。しかしながら、血管壁の動態や医療デバイスと血管壁表面との相互作用は、多くの場合において考慮されてこなかった。

近年、拍動による血管壁の動きの再現を目指した連続シミュレーション解析の評価や、医療デバイスが血管壁に与える影響評価等のために、壁のコンプライアンスと挙動を同時に再現できるバイオモデルでの PIV 計測が必要と考えられている。

Poly (vinyl alcohol) (PVA) gel を用いたバイオモデルは太田らによって開発され<sup>3)</sup>、壁のコンプライアンスを生体の血管の初期至み時におけるコンプライアンス値と同様な値に似せることが可能であること、医療デバイスと接触した場合の表面摩擦係数が生体の血管と同様なこと、透明であるため医療デバイスを視認して評価をすることが可能なることから注目をされている。そこで、PVA モデルで PIV が可能になれば、医療デバイスの挙動を生体外でより忠実に再現でき、評価することができると考えられる。

そこで本研究では、作動流体の屈折率と動粘度を同時に適切な値に調整し測定を試みたので、報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 PVA 動脈瘤バイオモデルの作成

蒸留水と Dimethyl sulfoxide の混合溶液に PVA を加えた。攪拌しながら 100℃で 2 時間加熱し、PVA を溶解させた。PVA 溶液を放冷後、脳動脈石管モデルを設置したアクリル型に流し込み、-30℃で 24 時間冷却させた。

#### 2.2 屈折率と粘度測定による作動流体の選定

Gly 水溶液、及び NaI 水溶液の屈折率測定には、手押屈折計を用いた。また、粘度は、振動式粘度計を用いて測定した。

ここで動粘度は、別に測定した密度を用いて算出した。さらに、Gly と NaI 55 wt % 水溶液の混合溶液 (Gly-NaI) についても同様に屈

折率、粘度の測定を行った。

#### 2.4 PIV 計測システム

Gly-NaI を作動流体とし、トレーサ粒子を添加後、粒子画像を取得し、PIV 解析を行った。光源には波長 532 [nm] の 1 [mm] 厚さレーザーシートを用い、粒子画像を高速度カメラで取得した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 作動流体の屈折率及び動粘度

屈折率測定の結果、PVA gel の屈折率範囲は、22℃で 1.464 から 1.470 となった。一方、Gly 水溶液、NaI 水溶液の屈折率は、混合割合に対して線形的に上昇し、PVA gel の屈折率範囲を含む値に調整可能であることが分かった。また、Gly-NaI について屈折率と動粘度を測定した結果、PVA に適切な屈折率を保ちつつ、作動流体の動粘度を幅広い値の範囲で設定できることが分かった。

#### 3.2 粒子画像及び PIV 解析の適用

Gly-NaI (65 : 35, vol. %) を作動流体とした時の、粒子画像とその PIV 計測適用結果をみると、トレーサ粒子の散乱光の歪みや、モデルと流体の界面の強い散乱光がほとんど見られず、壁面近傍の速度ベクトルも取得可能であることがわかった。

### 4. 結言

PVA モデル内流れへの PIV 計測適用について、粒子画像の取得が可能であることから、PIV 計測が可能であることが研究された。

### 参考文献

- (1) A. Mantha, C. Karmonik, G. Benndorf, C. Strother, and R. Metcalfe: Hemodynamics in a Cerebral Artery before and after the Formation of an Aneurysm, *J. Neuroradiol.*, 27, 1113/1118 (2006)
- (2) T. T. Nguyen, Y. Biadillah, R. Mongrain, J. Brunette, J.-C. Tardif, and O. F. Bertrand: A Method for Matching the Refractive Index and Kinematic Viscosity of a Blood Analog for Flow Visualization in Hydraulic Cardiovascular Models, *Biomechanical Eng.*, 126, 529/535 (2004)
- (3) M. Ohta, A. Handa, H. Iwata, D. A. Rüfenacht, and S. Tsutsumi: Poly-vinyl alcohol hydrogel vascular models for in vitro aneurysm simulation: the Key to low friction surfaces, *Technology and Health Care*, 12, 225/233 (2004)

(添付4) 学会発表に関する資料

Syuya Shida, Hiroyuki Kosukegawa, Kanju Kuroki, Makoto Ohta, Development of Blood-Mimicking Fluid with Adjusted Refractive Index and Kinematic Viscosity for Applying to Particle Image Velocimetry, 6th World Congress of Biomechanics, Aug.1-6, 2010, pp.536



# 6th World Congress of Biomechanics

## *Abstracts*

In conjunction with

14th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME)

&

5th Asian Pacific Conference on Biomechanics (APBiomech)

**1 - 6 August 2010**  
**Singapore Suntec Convention Centre**

Jointly Organised by



Biomedical Engineering Society  
(Singapore)



Global Enterprise for Micromechanics  
and Molecular Medicine



National University of  
Singapore

Endorsed By



**IFMBE**

International Federation for Medical  
and Biological Engineering



WCB-A00417-00554

**Automated Classification of Neurodegenerative Diseases**

Nivedita CHAUDHARY

Biomedical instrumentation, Birla Institute of Technology,  
Ranchi, Jharkhand, India

Neurodegenerative disease occurs due to deterioration of cells specially the myelin sheath of the neurons; of brain, spinal cord, and peripheral nerves. The economic and social burden of neurodegenerative diseases is massive and rising too rapidly. Among several of different neurodegenerative disorders present work is focused on three most common: Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and Huntington's disease. Although most consistent risk factor for developing a neurodegenerative disorder is increasing age, it has been observed that the symptoms of all three diseases overlap with each other, clinically and pathologically. Therefore, their practical classification is quite challenging and thus need an automated tool to classify them. In the present model, backpropagation artificial neural network (ANN) has been designed to classify neurodegenerative disorders according to their symptoms. The 27:70:3 architecture of ANN has been used to predict the clinical outcome from the complex overlapped symptoms that are routinely available to clinicians. The model has found to be effective in differentiating the different types of focused diseases with an overall performance of 96.42%.

WCB-A00510-02939

**Estimation of Lower Limb Joint Angles During Walking Using****Extended Kalman Filtering**Diana YOUNG<sup>1</sup>; Sofia D'OREY<sup>2</sup>; Roaldolph OPPERMAN<sup>3</sup>; Christopher HAINLEY<sup>3</sup>; Davia NEWMAN<sup>3</sup>

1. Biomechatronics Group, Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, United States
2. Instituto Superior Tecnico, Lisbon, Portugal
3. Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, United States

In order to evaluate the performance of an extended Kalman filter (EKF) for the estimation of lower limb joint angles generated during human walking, a pilot study is conducted using commercial inertial measurement units (IMUs) to capture 3D acceleration and angular velocity data produced by the leg during level ground, stair ascent, and stair descent walking. The inertial data from three IMUs, one mounted on each lower limb segment, are input to an EKF to estimate sagittal and coronal angles of the individual limb segments and the corresponding knee and ankle joint angles. This method is evaluated against the standard method performed using optical motion capture and inverse kinematics software. Results from three subjects are reviewed, and the promising potential of this technique for realtime applications is discussed.

WCB-A00534-00773

**Image Correlation Spectroscopy for Microrheology of Soft Materials**Nicholas Aguna KURNIAWAN<sup>1</sup>; Chew Teck LIM<sup>2</sup>; Raj RAJAGOPALAN<sup>3</sup>

1. NUS Graduate School for Integrative Sciences and Engineering, National University of Singapore, Singapore
2. Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore, Singapore
3. Division of Bioengineering, National University of Singapore, Singapore
4. Department of Chemical and Biomolecular Engineering, National University of Singapore, Singapore
5. Chemical and Pharmaceutical Engineering Program, Singapore-MIT Alliance, National University of Singapore, Singapore

Image correlation spectroscopy (ICS) is a family of biophysical methods that has been used to perform spatiotemporal measurements on biological materials, especially cells. Some of the early uses of ICS include quantifying spatial distribution, aggregation state, diffusion coefficient, as well as flow and interaction of cellular protein molecules. In the present work, we show, in addition to these original applications, how ICS can be used to perform microrheological measurement of complex, viscoelastic materials. We test the method, which we call ICS- $\mu$ R, on Newtonian fluids as well as complex, viscoelastic fluids with different viscosities and viscoelastic behaviors. Comparison of ICS- $\mu$ R results with reported data from the literature as well as results from conventional rheology measurements yield excellent agreement. Furthermore, we develop a special technique for extracting mean-squared displacements of tracer particles in the samples from image correlation data; the technique successfully reproduces previously published experimental data on a wide range of soft materials displaying a broad scale of scaling behaviors. This technique can be applied to improve the accuracy of other microrheological measurements and can potentially offer new insights on the power-law behaviors of materials. The possibility to combine spatiotemporal assessment and time- and length-scale dependent microrheological measurements from images of fluorescent molecules makes ICS- $\mu$ R a prospective tool in many biophysical applications.

WCB-A00545-00827

**Researches on Spatio-temporal Expressions of Intestinal Pressure****Activity Acquired by the Capsule Robot**Rongguo YAN<sup>1</sup>; Xudong GUO<sup>1</sup>; Guozheng YAN<sup>2</sup>

1. School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, China
2. Department of Information Measurement Technology and Instruments, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China

**AIM:** To give researches on the spatio-temporal expressions of the intestinal pressure activity.

**METHODS:** The intestinal pressure activity was acquired by using a capsule robot invented for functional diagnosis of human gastrointestinal diseases, which collected intestinal physiological parameters as it propelled itself within the gastrointestinal tract.

**RESULTS:** a series of different contraction types were systematically analyzed to form the corresponding spatio-temporal expressions of the intestinal pressure activity including (1) standing contractions, (2) propagating segmental contractions, and (3) pendular contractions.

**CONCLUSIONS:** Spatio-temporal expressions could provide a method for visualizing a temporally evolving and spatially varying intestinal pressure activity.

WCB-A00556-01488

**Development of Blood-Mimicking Fluid with Adjusted Refractive****Index and Kinematic Viscosity for Applying to Particle Image****Velocimetry**Shuya SHIDA<sup>1</sup>; Hiroyuki KOSUKEGAWA<sup>2</sup>; Kanjiyo KUROKI<sup>3</sup>; Makoto OHTA<sup>3</sup>

1. Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan
2. Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan
3. Institute of Fluid Science, Sendai, Japan

**BACKGROUND AND PURPOSE:** Blood vessel disease such as cerebral aneurysm is life-threatening disease and as large cause of death as cancer in many countries. In endovascular therapy of cerebral aneurysms using medical devices such as coil or stent, hemodynamics in aneurysm is related to thrombosis formation in aneurysm and the repairing. Then, it may be important to make realistic blood flow pattern in in-vitro cerebral aneurysms such as biomedel (in-vitro functional model of aneurysmal blood vessel) to treat aneurysm as well as check medical devices of the therapy. The Particle Image Velocimetry (PIV) method is one of the strongest tools for measurement of flow in biomedel and requires a match of the refractive index between material of biomedel and working fluid in order to eliminate optical problems such as image distortion. Moreover, in vascular research, the working fluid should be a mimic human blood with respect to kinematic viscosity so as to obtain realistic blood flow modeling measurements. In this research, detailed measurements of physical properties of solutions are performed to develop a method to adjust working fluid that has proper refractive index and kinematic viscosity simultaneously.

**MATERIALS AND METHODS:** The adjustable range of refractive index and kinematic viscosity of working fluid were measured by under the mixing aqueous solution of glycerol (glycerol aq.) and aqueous solution of NaI (NaI aq.) with various weight proportion. All properties of the solutions were measured on the same day at room temperature and atmospheric pressure. The refractive index to light of a fluorescent and dynamic viscosity were measured with a critical angle refractometer (R-5000, ATAGO CO., LTD., Japan) and a vibration-type viscometer (SV-10, A&D CO., LTD., Japan), respectively. And then, Kinematic viscosity is calculated from dividing the dynamic viscosity with its density.

**RESULTS AND DISCUSSION:** The refractive index (n) of gly. aq. and NaI aq. increase monotonically from that of distilled water values (n = 1.333) to that of glycerol value (n = 1.472) and that of NaI aq. 0.6 wt % value (n = 1.4813  $\pm$  0.0002), respectively. This result indicates that refractive index of NaI aq. will vary in wide range compared with gly. aq. As for kinematic viscosity (v), gly. aq. increase very slightly especially at high proportion and reach maximum value v = 855.6 mm<sup>2</sup>/s. Meanwhile, kinematic viscosity of NaI aq. has a unique feature; the value increases to the maximal value at around 0.3 weight proportion, and decreases to minimal value at around 0.35 weight proportion, then again increases rapidly. The refractive index of the mixture, which kinematic viscosity is adjusted to blood value (3.8 mm<sup>2</sup>/s), is in range from 1.390 to 1.472 at room temperature (21.5  $\pm$  0.5 degrees Celsius) by using the two aqueous solutions.

**CONCLUSION:** The mixtures have a wide range of kinematic viscosity at fixed refractive index with the method of mixing two aqueous solutions. This mixture water and the liquid could be applied as working fluid widely to various biomedels such as PVA models or silicone models.



**D2-D-T6.2:**                      **Track 6.2: Modeling & Simulation**  
**Date:**                              **Tuesday, 3 August 2010**  
**Time:**                              **1630 - 1815 hrs**  
**Room:**                              **301**  
**Session Chair(s):**              **Ning Gangmin, Hideo Utsuno**

**1630 - 1645 hrs**                      **WCB-A00222-00605**                      **D2-D-T6.2-01**  
 Validation of Idealized Knee Joint Models - An in vivo Study  
*Michael Skipper Andersen, John Rasmussen, Dan Ramsey, Daniel Benoit*

**1645 - 1700 hrs**                      **WCB-A00566-00829**                      **D2-D-T6.2-02**  
 Research on the Measurement of the Propagation Velocity and the Reflection Ratio of Pulse Waves in the Blood Vessel.  
*Hideo Utsuno, Hironori Sato, Shin-suke Yamashita, Hiroshi Matsuhisa, Keisuke Yamada*

**1700 - 1715 hrs**                      **WCB-A00556-01488**                      **D2-D-T6.2-03**  
 Development of Blood-Mimicking Fluid with Adjusted Refractive Index and Kinematic Viscosity for Applying to Particle Image Velocimetry  
*Shuya Shida, Hiroyuki Kosukegawa, Kanjyu Kuroki, **Makoto Ohta***

**1715 - 1730 hrs**                      **WCB-A00889-02282**                      **D2-D-T6.2-04**  
 Simulation of Blood Pressure Wave Propagation in a Vessel by One-dimensional Model  
*Gangmin Ning, Yuexian Gong, Shijin Gong, Qing Pan, Jing Yan, Axel R. Pries*

**1730 - 1745 hrs**                      **WCB-A00727-02235**                      **D2-D-T6.2-05**  
 Experimental Investigation of Blood Flow in the Vertebral Artery Bifurcation  
*Guangyu Zhu, Qi Yuan, Zhen Chen*

**1745 - 1800 hrs**                      **WCB-A01210-02104**                      **D2-D-T6.2-06**  
 Novel System to Quantify Thromboembolic Potential of Mechanical Heart Valves  
*Sivakumar Arjunon, Neelakantan Saikrishnan, John Culp, Lakshmi Dasi, Jelena Vukasinovic, Taylor Jones, Sahaja Bandari, Ari Glezer, Ajit Yoganathan*

**1800 - 1815 hrs**                      **WCB-A00474-00653**                      **D2-D-T6.2-07**  
 Influence of Soft Tissues on Propagation of Ultrasonic Lamb Waves in Synthesised Soft Tissue-Bone Phantoms  
*Jiangang Chen, Li Cheng, Zhongqing Su, Ling Qin*

