

プログラム名：バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命

PM名：原田 香奈子

プロジェクト名：PJ.1 バイオニックヒューマノイド

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

微小血管・薄膜構造を有する精密脳モデルの研究開発

研究開発機関名：

名城大学

研究開発責任者

福田 敏男

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

I. 脳モデルの作製については、脳の物理的特性を再現するモデルの改善を行う。硬さについて当初は約 5 kN/m² に設定していたが、内部構造を鑑みて表面部 8 kN/m²、内部約 4 kN/m² を目指す。脳表面の凹凸だけでなく、密着はしているが接着していない深さ 1 cm 以上の脳溝を再現する。微小血管モデルを内部に組み込んだモデルを作製する。

II. 硬膜・くも膜モデルの作製については、引張強度が 10 MPa 程度の特徴を持ち、垂直以外の方向に異方性を持つ、縫合可能な硬膜モデルの製作を行う。また硬膜の骨への接着に関して、医師の意見に基づいた接着力を設定し、それを再現する。硬膜を骨側と脳側の二層構造にし、トルコ鞍周辺において、硬膜が骨側と鞍隔膜に分かれ、その間に下垂体が存在するような海綿静脈洞付近の構造の再現を目指す。くも膜モデルにおいては当初の予定通り、厚さ約 20 μm で脳表面形状に合った形状のモデルを製作する。

III. 微小血管モデルの作製については、分岐を持った 100 μm～1000 μm で中空構造を持ったモデルを製作する。脳モデル、膜モデル、腫瘍モデルへの微小血管モデルの組み込みを行い、内部に液を流して血流の再現を行う。

IV. 下垂体腫瘍モデルの作製については、目標であった泥状の腫瘍の硬さである 1 kN/m² 程度での製作を進展させ、軟性腫瘍の硬さの範囲である 1～100 kN/m² での腫瘍モデルの製作を目指す。粘性や切開性などの特性に対して医師の意見に基づき具体的な数値を設定し、モデルを製作する。3 mm 以上の大きさの腫瘍モデルに対し、微小血管モデルを内部に組み込む。

V. 頭蓋内への脳モデル封入については、他機関の成果および全体の進捗を考慮しつつ、製作したモデルの封入と調整を行っていく。当初予定の 60～150 mmH₂O 程度の脳圧の拍動において、シーリング設計や髄液漏れの確認などの検討を行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

I. 脳モデル

・提供された 3D データを基にして、3D プリンタを用いた樹脂製の原型と、シリコン製鋳型を製作。ウレタン系ゲルを流し込み、単素材による非ウェット型の透明の脳実質モデルを製作。

II. 硬膜モデル

・硬膜に絞ってモデルを試作。垂直方向に異方性がある繊維シートと PDMS の混合によるモデルを製作。

III. 血管モデル

・ゲルファイバーをマイクロ流路を用いて作製し、その周囲に PDMS をコーティングすることで分岐付き血管モデルを試作。

IV. 下垂体モデル

・吸水性ポリマーの一種と軟性素材を混合させたウェット型のモデルを製作。

2-2 成果

I. 脳モデル

・脳実質モデルの硬さの目標値は約 5 kN/m² に設定していたが、製作したモデル（図 1）の全体としての硬さの測定ではモデル表面への 20% 圧迫



図 1 脳実質モデルの外観

では $10.4 \pm 1.2 \text{ kN/m}^2$ と計測.

II. 硬膜モデル

- ・硬膜の厚さの目標値の約 $600 \mu\text{m}$ は達成可能. 医師による官能評価の実施 (図 2). 特許の申請.
- ・鼻中隔カートリッジ部分の骨の形状に合わせた 1 層のみ硬膜モデルを, 圧迫挟み込み中の固化により製作.

III. 血管モデル

- ・H29 年度からの予定であったが本年度においても基礎実験を実施. 分岐なしで径が $100 \mu\text{m}$ 未満の中空の血管モデルを試作 (図 3).

IV. 下垂体モデル

- ・吸水性ポリマーの一種と軟性素材を混合させたウェット型のモデルを製作. 医師による官能評価の実施. 特許の申請.
- ・当初目標であった 1 kN/m^2 程度の硬さを達成. ラバーコーティングにより 7 日以上乾燥に耐えることを確認 (図 4).

V. モデル封入

- ・各機関との共同で, バイオニックヒューマノイド 1 号機に封入 (図 5).

2-3 新たな課題など

脳モデルでは脳実質の全体としての硬さとしていたが, ミクロな面で注目すると表面の灰白質と内部の白質で異なり, それぞれ 8 kN/m^2 , 4 kN/m^2 とされている. 素材としての硬さ・粘弾性の評価を行う必要がある. 表面の凹凸は再現されているが, 奥まった隙間は埋めるなどして一体化しているため皺の掻き分けは再現されていない.

硬膜モデルでは単層膜では一方向の異方性に行っているため, ランダム性が必要になる. また官能評価によりもろさなど低い項目がある. トルコ鞍付近の膜の形状, 層構造, 接着性の精度を詰めていない.

血管モデルでは安定した太さでの分岐のある血管製作法の確立に至っていない

腫瘍モデルでは硬さの幅について, 任意の硬さを再現するための混合比等の精査とその際の硬さ・粘弾性・水分量を測定する必要がある.

また手術部として取替え可能なカートリッジ部周辺の精密な再現を行う必要がある.



図 2 医師による硬膜モデルの官能評価



図 3 直径 $100 \mu\text{m}$ 未満の中空微小血管モデル

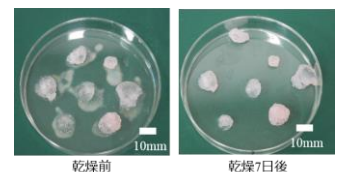


図 4 腫瘍モデルの耐乾燥試験



図 5 モデルを封入したバイオニックヒューマノイド 1 号機頭部

3. アウトリーチ活動報告

サイエンスアゴラ 2016 にモデルを提供

| | |
|-------|---|
| 企画団体名 | 内閣府(e-PACT (産学官研産連携推進プログラム)) |
| 開催日 | 11/3 (木)・11/4 (金)・11/6 (日)・11/9 (水) 開催 |
| 会場 | 大ホール (日本科学未来館) 2階 |
| 形式 | 展示・実験・体験 |
| URL | http://www.jst.go.jp/impact/program/15.html |
| 備考 | |