

The 14<sup>th</sup> Annual Meeting of Japanese Society for Therapeutic Ultrasound

# 第14回日本超音波治療研究会

共催◎第3回超音波分子診断治療研究会

プログラム・抄録集



## JSTU 2015 in Kochi

### 超音波治療の さらなる挑戦と実現へ向けて

会 期 ◎ 2015年 11月28日(土)

会 場 ◎ 高知市文化プラザ かるぽーと  
小ホール

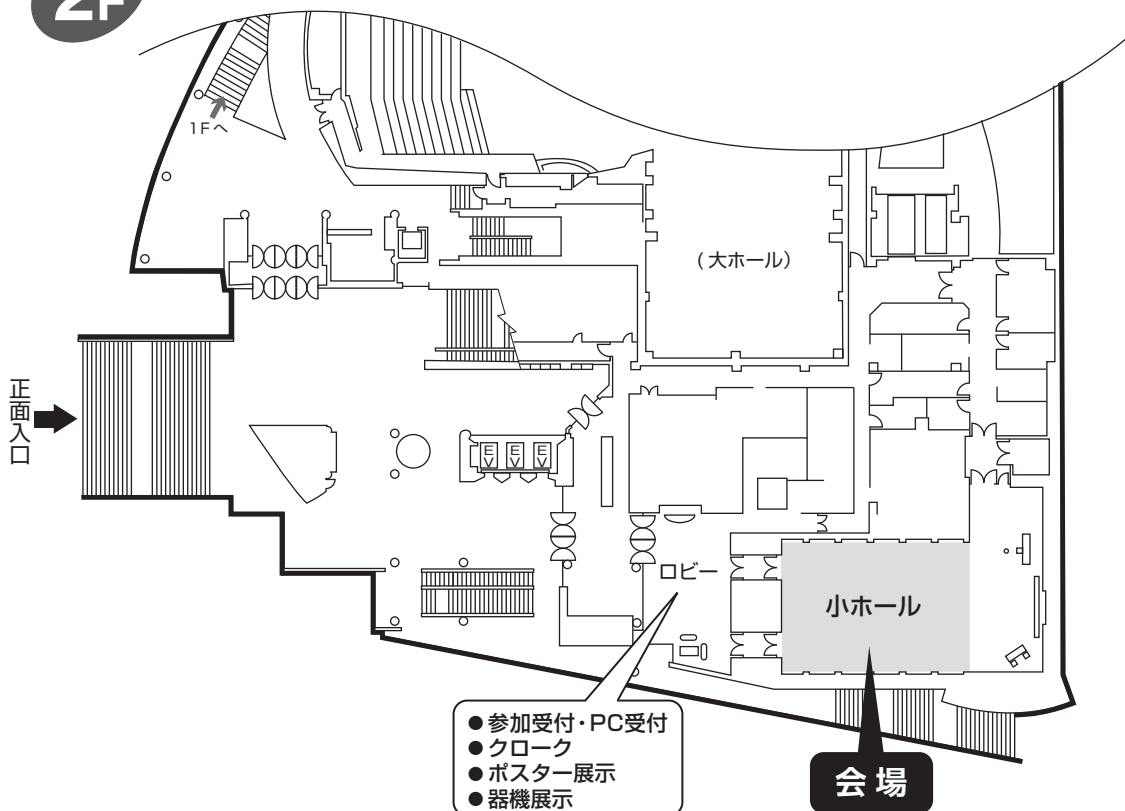
当番世話人 ◎ 川崎 元敬 高知大学 整形外科学教室

# 会場案内図

高知市文化プラザ かるぽーと

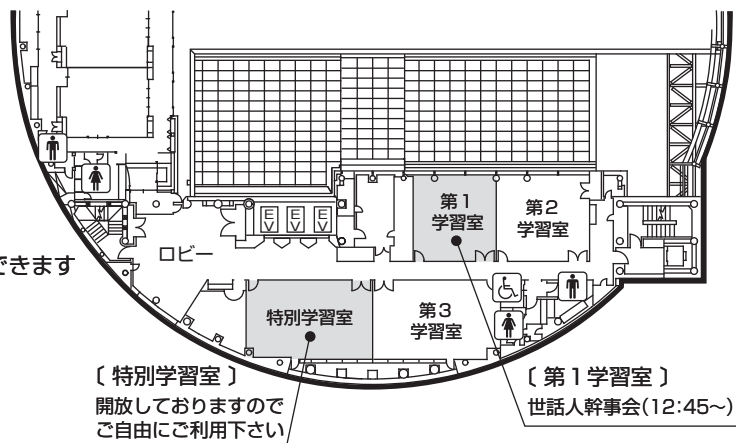
〒780-8529 高知市九反田2-1

2F



9F

Wi-fi 環境を  
無料でご利用できます



|       | 2F 小ホール                                                                                                                         | 2F ロビー                                                | 9F 第1学習室            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|
| 8:00  |                                                                                                                                 | 8:10～<br>受付開始                                         |                     |
| 9:00  | 8:55～9:00 開会挨拶 川崎 元敬<br>9:00～9:05 日本超音波治療研究会 会長挨拶 立花 克郎                                                                         |                                                       |                     |
|       | 9:05～9:55<br>一般口演1 O-1～O-5<br>座長：梅村 晋一郎                                                                                         | 9:30<br>～<br>13:15<br><br>ポ<br>ス<br>タ<br>ー<br>掲<br>示  |                     |
| 10:00 | 9:55～10:45<br>一般口演2 O-6～O-10<br>座長：丸山 一雄                                                                                        |                                                       |                     |
| 11:00 | 10:50～11:50<br>一般口演3 O-11～O-16<br>座長：望月 剛                                                                                       |                                                       |                     |
| 12:00 | 11:50～12:15 依頼講演1(基礎系講演) 座長：東 隆<br>超音波治療用モジュールシステムトランスデューサーの開発<br>演者：霞仲 潔                                                       |                                                       |                     |
|       | 12:20～12:45 ランチョンミニセミナー 座長：古澤 秀実<br>MRガイド下集束超音波治療の10年間のあゆみ<br>演者：Yair Bauer                                                     |                                                       |                     |
| 13:00 |                                                                                                                                 |                                                       | 12:45～13:15<br>世話人会 |
|       |                                                                                                                                 | 13:15～13:45<br>ポスター発表<br>P-1～P-3                      |                     |
| 14:00 | 13:45～14:35 依頼講演2(臨床・基礎系合同講演) 座長：立花 克郎<br>3D Slicerと呼吸トラッキングを用いた肝臓のHIFU治療<br>演者：福田 浩之<br>医デジ化にもとづく超音波医療診断・治療システムの構築<br>演者：小泉 憲裕 | 13:45<br>～<br>16:00<br><br>ポ<br>ス<br>タ<br>ー<br>掲<br>示 |                     |
| 15:00 | 14:35～15:59<br>基礎系シンポジウム S1-1～S1-7<br>[ がん治療における超音波エンハンスメントの最前線 ]<br>座長：高木 亮<br>鈴木 亮                                            |                                                       |                     |
| 16:00 | 16:10～17:34<br>臨床系シンポジウム S2-1～S2-7<br>[ 臨床分野における超音波治療の最前線 ]<br>座長：小路 直<br>川崎 元敬                                                 | 16:00～18:00<br>ポスター撤去                                 |                     |
| 17:00 | 17:35～17:40 次期会長挨拶<br>17:40～17:45 閉会挨拶 池内 昌彦                                                                                    |                                                       |                     |
| 18:00 | 18:00～20:00 懇 親 会 会 場：1F レストラン タンドルテーブル                                                                                         |                                                       |                     |

# 第14回日本超音波治療研究会 (JSTU2015) プログラム

---

8:10～ 受付開始

8:55～9:00 開会挨拶 川崎 元敬

---

9:00～9:05 日本超音波治療研究会 会長挨拶 立花 克郎

---

9:05～9:55 一般口演1 (O-1～O-5)

---

[ 発表7分・質疑3分 ]

座長：梅村 晋一郎

## **O-1** 超音波によるマイクロバブルのマニピュレーションに関する研究

9:05～9:15

○尾崎 太一<sup>1)</sup>、井上 和仁<sup>1)</sup>、東 隆<sup>1)</sup>、一柳 満久<sup>2)</sup>、高木 周<sup>1)</sup>、  
松本 洋一郎<sup>1)</sup>

1) 東京大学 工学部、2) 上智大学 理工学部

## **O-2** 兎を用いたマイクロバブルの超音波誘導実験

9:15～9:25

○望月 剛<sup>1)</sup>、和田 洸<sup>1)</sup>、宮澤 慎也<sup>1)</sup>、小井 土惇<sup>1)</sup>、鈴木 亮<sup>2)</sup>、丸山 一雄<sup>2)</sup>、  
榊田 晃司<sup>1)</sup>

1) 東京農工大学大学院 生物システム応用科学府、2) 帝京大学 薬学部 薬物送達学研究室

## **O-3\*** PCND の気泡化後の振る舞いと周囲温度の関係性について

9:25～9:35

○菊池 健太郎、田中 純、石島 歩、東 隆、南畑 孝介、山口 哲志、長棟 輝行、  
佐久間 一郎、高木 周

東京大学 工学系研究科

## **O-4** Development and testing of a new freeze-dried nanobubble for US imaging and therapy

9:35～9:45

○Johan Unga<sup>1)</sup>, Daiki Omata<sup>1)2)3)</sup>, Yusuke Oda<sup>1)</sup>, Mutsumi Sugii<sup>1)</sup>,  
Hitoshi Uruga<sup>1)</sup>, Ryo Suzuki<sup>1)</sup>, Kazuo Maruyama<sup>1)</sup>

1) Teikyo University, Faculty of Pharma-Sciences, 2) JSPS Research Fellow,

3) Utrecht University, Faculty of Science

## **O-5** マイクロバブル併用超音波 in vitro における血栓溶解増強効果の定量解析

9:45～9:55

○王 作軍<sup>1)</sup>、中田 典生<sup>1)</sup>、横山 昌幸<sup>2)</sup>

東京慈恵会医科大学 1) 超音波応用開発研究部、2) 医用エンジニアリング研究部

9:55～10:45

## 一般口演2(O-6～O-10)

〔発表7分・質疑3分〕

座長：丸山 一雄

### O-6\*

9:55～10:05

#### 脳への標的指向性を有する pDNA 搭載ペプチド修飾バブルリポソームの開発

○高橋 葉子<sup>1)</sup>、根岸 洋一<sup>1)</sup>、石田 一馬<sup>1)</sup>、鈴木 亮<sup>2)</sup>、丸山 一雄<sup>2)</sup>、  
新槇 幸彦<sup>1)</sup>

1) 東京薬科大学 薬学部、2) 帝京大学 薬学部

### O-7\*

10:05～10:15

#### 悪性神経膠腫に対する腫瘍特異的超音波力学療法： 光増感剤併用効果について

○末廣 諭、大上 史朗、高野 昌平、山下 大介、西川 真弘、大西 丘倫  
愛媛大学大学院 医学系研究科 脳神経外科学

### O-8\*

10:15～10:25

#### 悪性神経膠腫細胞株に対するポルフィリン誘導体を用いた音響力学療法

○遠藤 将吾<sup>1)</sup>、工藤 信樹<sup>2)</sup>、山口 秀<sup>1)</sup>、住吉 洸城<sup>2)</sup>、茂木 洋晃<sup>1)</sup>、  
金子 貞洋<sup>1)</sup>、小林 浩之<sup>1)</sup>、寺坂 俊介<sup>1)</sup>、寶金 清博<sup>1)</sup>

1) 北海道大学 大学院医学研究科 脳神経外科、  
2) 北海道大学 大学院情報科学研究科 人間情報工学研究

### O-9

10:25～10:35

#### MC3T3-E1 前骨芽細胞様細胞における低出力パルス超音波の遺伝子応答

○田淵 圭章<sup>1)</sup>、鈴木 信雄<sup>3)</sup>、近藤 隆<sup>2)</sup>

1) 富山大学 遺伝子実験施設、2) 富山大学 医学薬学研究部、  
3) 金沢大学 環日本海域環境研究センター

### O-10\*

10:35～10:45

#### 低出力超音波刺激 (LIPUS) は間葉系幹細胞の多継代培養による 分化能喪失を防ぐ

○楠山 譲二<sup>1)2)</sup>、成宣ファン<sup>1)</sup>、仙波 伊知郎<sup>2)</sup>、松口 徹也<sup>1)</sup>

1) 鹿児島大学医歯学総合研究科 口腔生化学分野、  
2) 鹿児島大学医歯学総合研究科 口腔病理解析学分野

10:45～10:50

休 憩

10:50～11:50

## 一般口演3(O-11～O-16)

〔発表7分・質疑3分〕

座長：望月 剛

### O-11\*

10:50～11:00

#### 音響化学治療のための活性酸素生成の高効率化シーケンスの検討

○安田 惇<sup>1)</sup>、神保 勇人<sup>1)</sup>、吉澤 晋<sup>1)</sup>、梅村 晋一郎<sup>2)</sup>

1) 東北大学工学研究科通信専攻、2) 東北大学医工学研究科

## S1-4

15:11～15:23

### Sonochemical Internalization による抗腫瘍効果に関する基礎的研究

○大崎 智弘<sup>1)</sup>、宇都 義浩<sup>2)</sup>、石塚 昌宏<sup>3)</sup>、田中 徹<sup>3)</sup>、山中 信康<sup>4)</sup>、  
倉橋 司<sup>4)</sup>、東 和生<sup>1)</sup>、村端 悠介<sup>1)</sup>、柄 武志<sup>1)</sup>、伊藤 典彦<sup>1)</sup>、  
今川 智敬<sup>1)</sup>、岡本 芳晴<sup>1)</sup>

1) 鳥取大学農学部、2) 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部、  
3) SBI ファーマ株式会社、4) 伊藤超短波株式会社

## S1-5

15:23～15:35

### Evaluation of mechanical damage to cancer cells by high-intensity focused ultrasound in the presence of microbubbles and titanium dioxide

○Seyedeh Moosavi Nejad<sup>1)</sup>、立花 克郎<sup>1)</sup>、遠藤 日富美<sup>1)</sup>、Loreto Feril<sup>1)</sup>、  
高橋 宏昌<sup>2)</sup>、成平 恭一<sup>3)</sup>、喜久田 利弘<sup>3)</sup>

1) 福岡大学医学部 解剖学、2) 自衛隊横須賀病院 第1歯科、  
3) 福岡大医学部 歯科口腔外科学

## S1-6

15:35～15:47

### 膀胱癌を模した3次元培養系でのシスプラチンデリバリー

○佐々木 東<sup>1)</sup>、工藤 信樹<sup>2)</sup>、滝口 満喜<sup>1)</sup>

1) 北海道大学獣医学研究科、2) 北海道大学情報科学研究科

## S1-7

15:47～15:59

### 低侵襲的な超音波がん温熱免疫療法の開発に向けた基礎的検討

○鈴木 亮<sup>1)</sup>、小田 雄介<sup>1)</sup>、小俣 大樹<sup>1)2)3)</sup>、Johan Unga<sup>1)</sup>、宇留賀 仁史<sup>1)</sup>、  
杉井 むつみ<sup>1)</sup>、根岸 洋一<sup>4)</sup>、丸山 一雄<sup>1)</sup>

1) 帝京大学 薬学部、2) 日本学術振興会特別研究員 PD、  
3) Utrecht University, Faculty of Science、4) 東京薬科大学 薬学部

16:00～16:10

休 憩

16:10～17:34

## 臨床系シンポジウム (S2-1～S2-7)

〔発表9分・質疑3分〕

座長：小路 直、川崎 元敬

## 〔臨床分野における超音波治療の最前線〕

### S2-1\*

16:10～16:22

### 変形性膝関節症に対する MR ガイド下集束超音波治療による疼痛と活動性の変化

○高谷 将悟<sup>1)</sup>、泉 仁<sup>1)</sup>、川崎 元敬<sup>1)</sup>、南場 寛文<sup>1)</sup>、池内 昌彦<sup>1)</sup>、牛田 享宏<sup>2)</sup>

1) 高知大学医学部 整形外科、2) 愛知医科大学 学際的痛みセンター

### S2-2

16:22～16:34

### 当院における肝細胞癌に対する HIFU 治療の成績と検討

○佐野 隆友、祖父尼 淳、藤田 満、森安 史典

東京医科大学病院 消化器内科



## S2-3

16:34～16:46

### 切除不能膀胱癌に対する強力集束超音波（HIFU）療法

○藤田 充、祖父尼 淳、森安 史典、佐野 隆友、土屋 貴愛、辻 修二郎、  
池内 信人、鎌田 健太郎、田中 麗奈、梅田 純子、殿塚 亮介、本定 三季、  
向井 俊太郎、糸井 隆夫  
東京医科大学 消化器内科学分野

## S2-4

16:46～16:58

### 限局性前立腺癌に対する高密度焦点式超音波（HIFU）療法の長期臨床成績

○川上 正能、朝長 哲朗、日暮 太郎、金 伯士、中野 まゆら、原野 裕司、  
小俣 二也、小路 直、寺地 敏郎、内田 豊昭  
東海大学医学部附属八王子病院泌尿器科

## S2-5

16:58～17:10

### 限局性前立腺癌に対する高密度焦点式超音波（HIFU）療法と 腹腔鏡下前立腺全摘除術（LRP）の比較

○中野 まゆら<sup>1)</sup>、朝長 哲朗<sup>1)</sup>、日暮 太郎<sup>1)</sup>、川上 正能<sup>1)</sup>、金 伯士<sup>2)</sup>、  
小路 直<sup>1)</sup>、中島 信行<sup>2)</sup>、星 昭夫<sup>2)</sup>、寺地 敏郎<sup>2)</sup>、内田 豊昭<sup>1)</sup>  
1) 東海大学八王子病院 泌尿器科、2) 東海大学医学部附属病院 泌尿器科

## S2-6

17:10～17:22

### ホルモン併用 HIFU 治療における経尿道的切除の意義

○青柳 貞一郎、滝澤 一晴、佐南 静香、黒田 功  
東京医科大学茨城医療センター 泌尿器科

## S2-7

17:22～17:34

### 本態性振戦に対する経頭蓋集束超音波治療を経験して

○篠塚 史至<sup>1)</sup>、伊賀瀬 圭二<sup>2)</sup>、氏家 祥之<sup>3)</sup>、正田 大介<sup>2)</sup>、松原 一郎<sup>2)</sup>、  
貞本 和彦<sup>2)</sup>、大西 丘倫<sup>4)</sup>  
和昌会貞本病院 1) 放射線部、2) 脳神経外科、3) MRI 検査部、4) 愛媛大学脳神経外科

---

17:35～17:40

次期会長挨拶

---

17:40～17:45

閉会挨拶 池内 昌彦

---

18:00～20:00

懇親会

# 抄 録

**依頼講演 1** (基礎系講演)

**依頼講演 2** (臨床・基礎系合同講演)

**基礎系シンポジウム** (S1-1～S1-7)

**臨床系シンポジウム** (S2-1～S2-7)

**一般口演 1** (O-1～O-5)

**一般口演 2** (O-6～O-10)

**一般口演 3** (O-11～O-16)

**ポスター** (P-1～P-3)



### 超音波治療用モジュールシステムトランスデューサーの開発

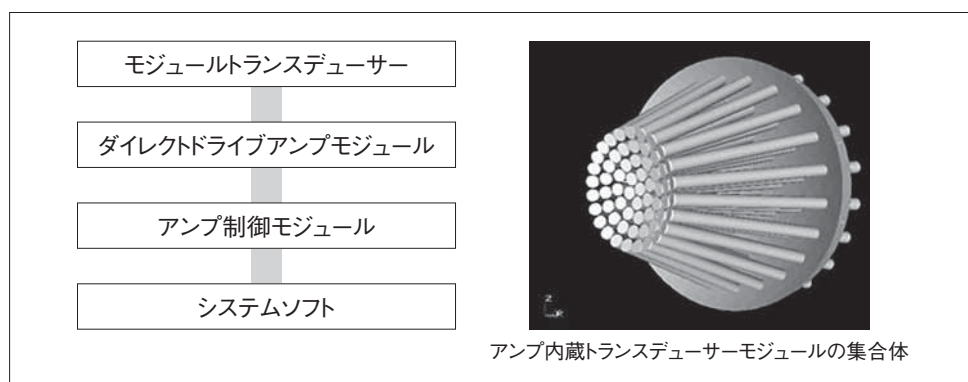
○葭仲 潔<sup>1)</sup>、竹内 秀樹<sup>1)2)</sup>、豊田 晋伍<sup>1)3)</sup>、新田 尚隆<sup>1)</sup>、東 隆<sup>2)</sup>、佐々木 明<sup>1)</sup>、  
高木 周<sup>2)</sup>

1) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 健康工学研究部門 セラノスティックデバイス研究グループ、  
2) 東京大学、3) 東京電機大学

*k.yoshinaka@aist.go.jp*

【概要】超音波治療は、非切開による身体的負担の低減、審美性の高さ、早期社会復帰など様々な優位点を持つ。超音波治療は上記に挙げた非切開治療のみならず、疼痛緩和治療、薬剤亢進効果、Blood Brain Barrier を透過させる効果、美容、骨折治癒促進、遺伝子治療、薬剤併用など、様々な効果が期待されている。しかしながら、これらの作用機序は未だ不明な点が多く、この分野における基礎研究、臨床研究への研究者のさらなる参入が期待される。その一方、これらの研究分野への参入を阻害する要因も存在し、その一つに研究着手ハードルの高さが挙げられる。個々のトランスデューサーやアンプなど個別の機器や特注された品物は世の中に存在するが、高出力が可能なパッケージングされた理化学機器はほとんど存在しない。我々の超音波治療用モジュールシステムトランスデューサーは、この問題を解決する方策の一つであり、誰もが簡単に入手でき、簡便に扱える治療用超音波照射機器パッケージングツールの研究開発・提供を目指している。これにより、基礎・臨床研究が加速され、新しい革新的な医療機器の実現、さらにはその先にある家庭用治療機器への橋渡しを行うための強力なツールとなると考えている。

【開発モジュール】現在、20 mm 角 64ch のマトリックスアレイトランスデューサーモジュール、70 mm × 20 mm 基板に実装した 16ch ダイレクトドライブアンプモジュール、名刺 2 枚大の 88ch メモリバンク機能付き位相制御システムモジュールおよびコントロールソフトウェアを開発しており、大規模化に向けた実証実験を行っている。



提案するパッケージングツール

## 医デジ化にもとづく超音波医療診断・治療システムの構築

○小泉 憲裕<sup>1)</sup>、福田 浩之<sup>2)</sup>、月原 弘之<sup>3)4)</sup>、葭仲 潔<sup>5)</sup>、宮崎 英世<sup>4)</sup>、川崎 元敬<sup>6)</sup>、  
牛田 享宏<sup>7)</sup>、沼田 和司<sup>2)</sup>、杉田 直彦<sup>3)</sup>、本間 之夫<sup>4)</sup>、松本 洋一郎<sup>8)</sup>、光石 衛<sup>3)</sup>

1)電気通信大学 大学院情報理工学研究科、2)横浜市大附属市民総合医療センター消化器センター、

3)東京大学 大学院工学系研究科、4)東京大学 大学院医学系研究科、5)産業技術総合研究所、

6)高知大学医学部 整形外科、7)愛知医科大学 学際的痛みセンター、8)理化学研究所

---

*nkoizumi@ieee.org*

---

HIFU を利用した既存のシステムに共通する主要な問題点の一つとして呼吸・拍動等による臓器の運動に対する補償が行なわれていないことがあげられる。このため、たとえば、呼吸を制御した状態で治療を行なう必要があり、患者や医師への負担が大きくなる。

そこで、本研究では、呼吸・拍動等により能動的に運動する生体患部をロバストかつ高精度に抽出・追従・モニタリングしながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、がん組織や結石の治療を患者に皮膚切開を加えることなく非侵襲かつ低負担で行なう非侵襲超音波診断・治療統合システムを提案する。本システムによりこれまで不可能であった運動・変形する臓器(肝臓・膵臓・腎臓・心臓等)の超高精度診断・治療が実現するものと強く期待されている。

システムを開発するにあたっては、医療診断・治療技能の技術化・デジタル化(医デジ化)という独自のシステム構築の方法論に基づいて行なう。医デジ化とは高度・専門分化する医療技能を機能として抽出・構造化し、関数としてシステムの機構・制御・画像処理・アルゴリズム上に実装、システム上で医療の質の向上(機能向上・最適化)を図ろうとするものである。

体動補償システムが患部に精度よく追従できていれば、患部は超音波画像上でほとんど静止して見える。これは、車の運転中に前の車に追従していると、前の車が止まって見えると同様の原理である。静止した世界では、医療手技がきわめて容易なものとなる。これにより診断・治療にもとめられる手技のハードルが大きく引き下げられ、さまざまな診断・治療機器の普及がわれわれの体動補償技術により大きく促進されるものと強く期待されている。

### 【参考論文】

- N. Koizumi, et. al, "Construction Methodology for NIUTS -Bed Servoing System for Body Targets-", in Journal of Robotics and Mechatronics (JRM), Vol.25, No.6, pp.1088-1096, 2013.

○渡邊 晶子、ムサビ ネジャド・セイエデ、遠藤 日富美、フェリル・ロリト、  
立花 克郎

福岡大学医学部 解剖学講座

*akiwatanabe@fukuoka-u.ac.jp*

【目的】近年、超音波の癌治療応用を目指し、様々な超音波照射条件による殺細胞効果の検討が行われている。本検討では異なる超音波周波数掃引における癌細胞の殺細胞効果を比較した。

【実験】超音波プローブの音響放射面上に音響カップリングゲルを介して24ウェルプレートを設置した。超音波の照射直前にヒト白血病細胞株 U937 (濃度  $1 \times 10^6$  cells/mL) の細胞懸濁液を各ウェルに2mL ずつ播種した。中心周波数510kHz で周波数掃引幅220kHz、掃引間隔0.2ms、各種パルス繰り返し周波数、デューティー比50% の条件で超音波プローブを駆動し、U937に対して80mW/cm<sup>2</sup>の超音波を30、90、180秒間照射した。周波数掃引によって駆動周波数が400kHz から620kHz へ増加する場合と、620kHz から400kHz へ減少する場合の2つの異なる超音波照射直後の細胞生存率を、トリパンブルー染色法により測定した。

【結果】細胞生存率は、超音波の照射を受けていないコントロールの生細胞数に対する超音波曝露後の生細胞数の割合から算出した。すべての超音波照射条件で、駆動周波数を高周波から低周波へ掃引する場合の方が、高い殺細胞効果が認められた。特に超音波照射180秒後において、PRF の増加に伴って、2種類の周波数掃引方法による細胞生存率の差の拡大が認められた。

【結論】駆動周波数を高周波数から低周波数へ掃引する場合のほうが、殺細胞効果が高くなる傾向が見られた。この照射方法を、より効率的な超音波治療に応用できる可能性が示唆された。

## S2-1\*

## 変形性膝関節症に対する MR ガイド下集束超音波治療による疼痛と活動性の変化

○高谷 将悟<sup>1)</sup>、泉 仁<sup>1)</sup>、川崎 元敬<sup>1)</sup>、南場 寛文<sup>1)</sup>、池内 昌彦<sup>1)</sup>、牛田 享宏<sup>2)</sup>

1) 高知大学医学部 整形外科、2) 愛知医科大学 学際的痛みセンター

*takayas1208@gmail.com*

【背景】変形性膝関節症(膝 OA)に伴う膝痛を有する方は、国内に約800万人存在し、多くの方は膝関節内側の痛みを有する。一般的な保存療法により改善が得られない痛みや顕著な変形を有する場合に、手術療法が施行される割合は上記の数%程度である。手術が実施されない場合には、現状の保存療法が漫然と続き、慢性痛は持続し活動性が低下することとなる。このような現状を打破するために、関節症由来の慢性痛に対する新たな疼痛治療法が求められている。

【目的】近年、MR ガイド下集束超音波治療(MRgFUS)による骨転移に伴うがん性疼痛の緩和効果が注目されている。この治療特性を利用して、変形性膝関節症においても、本治療による膝痛の軽減や活動性の向上が得られるかを確認してみた。

【対象・方法】本研究は当院の倫理委員会の承認を得ている。対象は、膝内側に強い痛みを有し、人工膝関節置換術の適応となる内側型膝 OA 患者11例(平均78歳)とし、内側大腿脛骨関節の骨棘周囲を治療部位とした。治療方法は、トランスデューサーを膝に固定できる ExAblate 2100 Conformal Bone System を用い、局所麻酔後、数十秒の超音波照射で骨表面に55℃の温度上昇を目標として複数回照射した。治療前後で、膝痛の程度、活動性と生活の質を、自己記入式調査表(NRS、WOMAC、EQ-5D)を用い、機能的移動能力を Timed Up & Go (TUG) テストを用いて評価した。

【結果】NRS 疼痛スコアで、治療前の50%以下に疼痛が軽減したのは、治療後1か月以内に8例(72.7%)に認め、その効果は6例で6か月まで持続し、NRS スコアは平均79.9%低下していた。治療後6か月追跡できた10例において、WOMAC と EQ-5D のスコアは有意に改善していた。治療効果無効例の1例で手術が実施された。TUG テストは治療後1か月で有意な改善を認めた。治療に伴う重篤な有害事象はなかった。治療状況は、超音波照射回数：平均17回、照射エネルギー：平均706J、治療セットアップ時間：平均70分、治療時間：平均64分であった。

【考察・結語】MRgFUS の治療後、膝内側の局所で疼痛に関わる神経線維の効率的な熱変性によって機械痛覚過敏が軽減し、鎮痛効果が得られることで、患者の活動性や生活の質も向上したと思われた。MRgFUS は、膝 OA の慢性痛に対しても、新たな低侵襲の疼痛治療法として期待できる。

## 超音波によるマイクロバブルのマニピュレーションに関する研究

○尾崎 太一<sup>1)</sup>、井上 和仁<sup>1)</sup>、東 隆<sup>1)</sup>、一柳 満久<sup>2)</sup>、高木 周<sup>1)</sup>、松本 洋一郎<sup>1)</sup>

1) 東京大学 工学部、2) 上智大学 理工学部

*to031@fel.t.u-tokyo.ac.jp*

【目的】近年、超音波と直径数 $\mu\text{m}$ 程度のマイクロバブルを用いた薬剤を効率よく標的細胞のみに作用させる Drug Delivery System (DDS) 技術が盛んに研究されている。これらのマイクロバブル DDS の先行研究においては、気泡の一方向への駆動や、流路内で押しとどめるといった段階にしか至っていない。もし、空間的に気泡を制御して狙った細胞にのみ作用を起こし、また細胞の狙った部位への限局的な作用が可能となれば、マイクロバブル DDS の詳細なメカニズムの検討が可能となる。このために超音波によるマイクロバブルの非接触なマニピュレーション技術の研究を行う。

【方法】超音波音場中のマイクロバブルには、気泡の体積振動と音圧勾配との積の時間平均で表される第一ビヤクネス力が働く。この力はバブルの半径が共振半径より小さいと音場の腹の方向に、大きいと節の方向に働く。この力を利用して、水中に任意の音圧勾配をつくりマイクロバブルを特定の位置にトラッピングした。さらに音圧分布を変化させることでトラップしているバブルのマニピュレーションを行った。曲率を持つ球面型トランスデューサから集束超音波を照射し、焦点に気泡を集め、トランスデューサ自体の位置を動かすことで気泡のマニピュレーションを行った。

【結果・考察】焦点に気泡がトラッピングされ、トランスデューサを動かすことで気泡のマニピュレーションに成功した。また、媒質の気泡数密度を低くすることで単一気泡のトラッピングに成功し、その運動方程式から気泡のトラッピング力を推定し、数 pN オーダーの出力があることを確認した。さらに照射超音波の周波数と焦点部分でトラップされる気泡クラスターのサイズとの間に逆相関の関係が存在することを確認した。これにより、気泡クラスターサイズ制御の指針を得た。

## 【参考文献】

- T. G. Leighton, A. J. Walton, and M. J. W. Pickworth, "Primary Bjerknes forces", *Eur. J. Phys.*, Vol.11, 1990, pp.47-50
- Omta R. "Oscillations of a Cloud of Bubbles of Small and Not So Small Amplitude", *J Acoust Soc Am*, 1987

## 兎を用いたマイクロバブルの超音波誘導実験

○望月 剛<sup>1)</sup>、和田 洸<sup>1)</sup>、宮澤 慎也<sup>1)</sup>、小井 土惇<sup>1)</sup>、鈴木 亮<sup>2)</sup>、丸山 一雄<sup>2)</sup>、  
梶田 晃司<sup>1)</sup>

1) 東京農工大学大学院 生物システム応用科学府、2) 帝京大学 薬学部 薬物送達学研究室

*moch1302@cc.tuat.ac.jp*

**【目的】** 現在主流の強力集束超音波 (HIFU) 治療は音響エネルギーを局所に集中させ、高エネルギーで生体組織を破碎または熱凝固により患部の治療を行う方法である。この方法は主に超音波の物理的作用を使用するもので、治療成績が比較的患者の固体差等の影響を受けにくい方法と言える。しかし、強力な超音波エネルギーを一点に集中させる方法であるために照射による治療範囲が狭く、処置領域が広い場合には治療時間がかかる、また高エネルギー照射のために皮膚や正常組織などへの炎症に注意が必要である、などの問題が指摘されている。そこで、本研究では低エネルギーの超音波と薬剤との併用による治療における高効率な方法の開発を進めている。具体的には、体内に注入した薬剤は通常血流循環により体全体に拡散するので、この薬剤をマイクロバブル (以下 MB) 内に封入し、超音波放射力を利用してこの MB を患部に誘導し、そこで MB を集積し、さらにそれを低音圧の HIFU で圧壊し、薬剤の送達及び薬剤の活性化を行う方法である。今回は生体中において MB を超音波で誘導可能であることを動物実験で確認したので、その結果を報告する。

**【方法】** 麻酔下の兎の片方の耳を水中に固定し、耳の動脈分岐部に向けて誘導用超音波ビームを設定し、さらに分岐した動脈 (Path A と Path B) を監視用の超音波断層画像で観察する。また生体内に注入可能な MB としてバブルリポゾーム (BLs) を使い、この BLs を反対側の耳より静注する。これが先ほどの分岐部に到達したことを観測用超音波画像で確認の後、誘導超音波ビームの照射を行う。この照射では、ビーム位置を分岐部中心に設定した場合 (これを  $l=0\text{mm}$  と表す) と、中心より  $2\text{mm}$  ずらした場合 ( $l=2\text{mm}$ ) の 2 つ場合で照射を行う。また照射超音波は音圧  $100\text{kPa-pp}$  と  $300\text{kPa-pp}$  の 2 通りで実験を行う。

**【結果・考察】** BLs 静注後、断層画像の Path A と Path B の両方で BLs による高輝度の画像が確認された。次に誘導用超音波を照射したところ、次ぎの結果を得た。

- 1) 誘導用超音波により、Path B の画像輝度値が Path A のそれよりも大きくなり、兎の動脈流中で BLs を目的の血管 Path B により多く誘導できることが観測できた。また Path A と Path B の輝度差は音圧が  $100\text{kPa-pp}$  よりも  $300\text{kPa-pp}$  のときがより大きくなった。
- 2) 超音波照射位置が血管分岐部よりも  $2\text{mm}$  離れた  $l=2\text{mm}$  の場合が  $l=0\text{mm}$  よりも輝度差が大きくなった。
- 3) しかし、今回の実験結果ではいずれの場合にも誘導超音波照射前よりも照射後でそれらの輝度値はすべて低下した。以上のことから、生体内で超音波照射により目的の血管には非目的の血管より多くの BLs を誘導することが可能であったが、輝度値の低下からこの照射により BLs が壊れている可能性が明らかとなった。今後は壊れにくいバブルの開発と誘導用超音波の照射方法の研究を進める予定である。なお、本研究は、東京農工大学における動物実験規則に則り、倫理委員会の承認 (承認番号第 27-7 号) を得て実施した。



## PCND の気泡化後の振る舞いと周囲温度の関係性について

○菊池 健太郎、田中 純、石島 歩、東 隆、南畑 孝介、山口 哲志、長棟 輝行、  
佐久間 一郎、高木 周

東京大学 工学系研究科

kikuchi1228.kentaro@fel.t.u-tokyo.ac.jp

【目的】相変化ナノ液滴 (Phase Change Nano Droplet : PCND) は超音波が照射されると、気泡へと相変化する。相変化後の PCND は、気泡のまま残存する場合と消失する場合があることが音響的、光学的観測により確認されている。これらの残存消失の切り替わりは PCND の内部組成の沸点と周囲温度の大小関係によって起こることが、これまでの研究で見出された。この残存消失のメカニズムをより詳細に調べることで、どのタイミングでの周囲温度が残存消失に関わっているかを特定することを本研究の目的とする。

【方法】ポリアクリルアミドゲルに包埋させ固定した PCND に超音波を照射し、超音波照射後の気泡化の様子を、周囲温度を変えながら観測した。温度管理は、恒温槽、サーモプレートを用いて行った。PCND の内部組成には perfluoro-n-pentane (PFP)、perfluoro-n-hexane (PFH)、PFP と PFH が 1 対 1 の混合液 (MIX) の 3 種類を利用した<sup>1)</sup>。超音波は、負圧 3.5MPa、中心周波数 5 MHz、5 サイクルのバースト波を超音波ビーム制御装置 Verasonics と超音波プローブ EUP-L73S (Hitachi Aloka Medical) を用いて照射した。

【結果・考察】37℃での PFP, PFH, MIX の気泡化の様子が Fig. 1 である。気泡化後、10 $\mu$ 秒経過した PCND に注目すると、気泡のまま残存する場合と消失する場合があることがわかる。この気泡化後の振る舞いについてより詳細に調べるために周囲温度を変えて得られた結果が Fig. 2 である。PFP, MIX ともに、周囲温度が内部組成の沸点より高い場合は残存、低い場合は消失という結果が得られている。今後は周囲温度と気泡化後の振る舞いの関係性をより詳細に観測するとともに、気泡化した PCND について、数 m 秒、もしくは数秒オーダーでの気泡の残存、消失についても観測を行い、結果を報告する予定である。

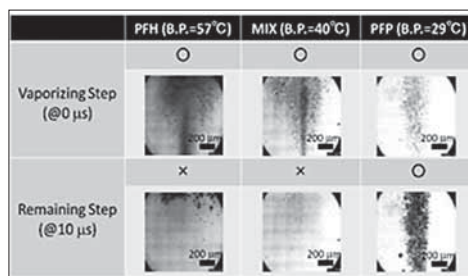


Fig. 1 37℃での気泡化の様子

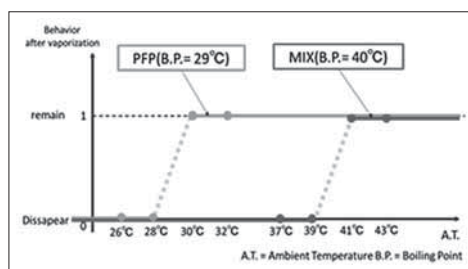


Fig. 2 26～43℃での気泡化後の振る舞い

#### 【参考文献】

- 1) R. Asami: Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 07HF16



## O-6\*

# 脳への標的指向性を有する pDNA 搭載ペプチド修飾バブルリポソームの開発

○高橋 葉子<sup>1)</sup>、根岸 洋一<sup>1)</sup>、石田 一馬<sup>1)</sup>、鈴木 亮<sup>2)</sup>、丸山 一雄<sup>2)</sup>、新槇 幸彦<sup>1)</sup>

1) 東京薬科大学 薬学部、2) 帝京大学 薬学部

endo@toyaku.ac.jp

【目的】高齢化社会の進行に伴い、中枢神経疾患の患者数は増大する傾向にあり、その有効な治療薬の開発が急務である。中枢神経疾患の治療薬開発において、脳組織への効率的なデリバリーが重要な課題とされている。これまでに我々は、PEG リポソームに超音波造影ガスを封入したバブルリポソームを開発し、超音波造影剤、および遺伝子・核酸デリバリーツールとしての有用性を示してきた。本研究では、脳への標的指向性を有する新規ペプチド修飾バブルリポソームを開発し、超音波造影剤、および遺伝子デリバリーツールとしての適用を目指す。今回我々は、血液脳関門への集積が報告されている Angiopep-2 に着目し、ペプチド修飾バブルリポソームの調製を試み、その標的指向性を評価した。さらに、全身投与における遺伝子導入の効率化を目指し、カチオン性脂質含有ペプチド修飾バブルリポソームを調製し、バブルリポソーム表面への pDNA の搭載、pDNA 搭載後の組織集積性についても検討した (Fig. 1)。

【方法】DSPC、PEG からなるリポソームを調製後、Angiopep-2 ペプチドを修飾し、ゲル濾過により精製し、パーフルオロプロパンを封入したものをペプチド修飾バブルリポソーム (Ang2-BL) とした。脳血管内皮細胞株である bEnd. 3 細胞に対する相互作用性について、フローサイトメトリーにより評価した。また、カチオン性脂質含有 Ang2-BL 表面への pDNA の搭載についても、フローサイトメトリーにより評価した。さらに、pDNA 搭載 Ang2-BL の脳組織への集積性について評価すべく、蛍光標識を施した本バブルリポソームをマウス尾静脈より投与後、脳組織を回収し、蛍光イメージング装置により観察した。

【結果・考察】Ang2-BL は、ペプチド未修飾バブルリポソーム (PEG-BL)、およびコントロールペプチド修飾バブルリポソーム (Ang7-BL) と比較し、bEnd.3 細胞との相互作用が増大することが示された。また、カチオン性脂質を用いてバブルリポソームを調製することで、pDNA の搭載が可能であることが示唆された。さらに、マウスへ pDNA 搭載 Ang2-BL を静脈内投与したところ、PEG-BL、Ang7-BL 投与後と比較し、脳への集積性が高まることが観察された。現在、その超音波造影効果、遺伝子導入効果の検討を進めている。

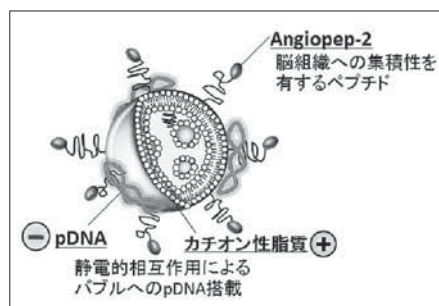


Fig. 1 脳標的指向性バブルリポソーム

## O-7\*

悪性神経膠腫に対する腫瘍特異的超音波力学療法：  
光増感剤併用効果について

○末廣 諭、大上 史朗、高野 昌平、山下 大介、西川 真弘、大西 丘倫

愛媛大学大学院 医学系研究科 脳神経外科学

*suehiro.satoshi.ql@ehime-u.ac.jp*

【目的】悪性神経膠腫は手術、放射線・化学療法を含む最新の集学的治療を行っても、依然その予後は不良である。その原因として、浸潤性が高い腫瘍にも拘わらず、脳の機能温存の為に、広範な腫瘍切除が行えないこと、浸潤した腫瘍幹細胞による腫瘍再発が挙げられる。近年、ガンに対する新たな治療として超音波による超音波力学療法 (Sonodynamic therapy : SDT) が試みられており、SDT に光感受性物質を併用することの相乗効果も報告されている。悪性神経膠腫では、腫瘍特異的光感受性物質として5-aminolevulinic acid (5-ALA) が既に、臨床使用されており、今回、我々は、悪性神経膠腫において、5-ALA 投与下での SDT の抗腫瘍効果について検討を行った。

【方法】悪性神経膠腫としてヒト U87 及び U251 グリオーマ細胞株、Oct3/4 の強制発現により neurosphere 形成能を有する U251 stem-like cell (U251SLC) を用いた。超音波はソニトロン GTS を使用し、in vitro で以下の検討を行った。コントロール、5-ALA 添加、SDT 単独、5-ALA 併用 SDT の4群に分けて殺細胞効果を解析した。解析は Cytotoxicity assay、Flow cytometry、TUNEL 染色、Reactive oxygen species (ROS) assay により行った。また in vivo ではヌードマウス脳内に腫瘍 (U87、U251SLC) を移植し、集束超音波と5-ALA の併用治療の抗腫瘍効果及び正常脳に対する影響について MR 画像及び病理組織より検討し、効果と安全性の評価を行った。

【結果・考察】全てのグリオーマ細胞で SDT 単独と比較して、5-ALA 併用 SDT は、より強い抗腫瘍効果を認め、機序としてはアポトーシスの関与が示唆された。SDT 単独と比較して5-ALA 併用 SDT において、より ROS の上昇を認めた。また移植腫瘍組織では超音波照射部位に一致して壊死とアポトーシスが見られ、複数回の SDT によりマウスの生存期間延長が見られた。

【考察】ヒト悪性神経膠腫において、光感受性物質5-ALA を併用した超音波力学療法は、腫瘍特異的に抗腫瘍効果を示した。また5-ALA を取り込んだ浸潤細胞やグリオーマ幹細胞にも SDT は有効であり、今後、臨床使用の集束超音波を用いた悪性神経膠腫に対する SDT へと発展する可能性が示唆された。

## O-11\*

音響化学治療のための活性酸素生成の  
高効率化シーケンスの検討○安田 惇<sup>1)</sup>、神保 勇人<sup>1)</sup>、吉澤 晋<sup>1)</sup>、梅村 晋一郎<sup>2)</sup>

1) 東北大学工学研究科通信専攻、2) 東北大学医工学研究科

j\_yasuda@ecei.tohoku.ac.jp

【目的】音響化学治療は、予め患部に音響化学活性物質を到達させておき、そこに高密度集束超音波によってキャビテーション気泡を発生させ、活性酸素を生成することによってがん治療を行う方法である。本研究では、音響化学活性物質の濃度を変えた水溶液に内に異なる強度、照射時間の超音波を組み合わせたシーケンスを用いてキャビテーション気泡を生成させ、治療効率の向上のための、活性酸素生成の高効率化が可能なシーケンスの検討を行った。

【方法】水槽を脱気水で満たし、トランスデューサから水溶液が封入された容器に向け超音波を照射した。水溶液には、音響化学活性物質として0, 1, 10mg/LのRose Bengal (RB) 及び1mol/Lのヨウ化カリウム (KI) を溶解させた。照射シーケンスは、Fig. 1のように短時間、高強度のTriggered HIFU (22kW/cm<sup>2</sup>, 100μs)と長時間、比較的弱い強度のSustaining waves (120W/cm<sup>2</sup>, 50ms)を組み合わせたT、TS、Sの3種のシーケンスを、PRF10Hz、照射時間5分で照射し、各RBの濃度で、3種のシーケンスによって発生した気泡の高速度撮影及び生成された活性酸素を定量した。

【結果・考察】TSシーケンスで活性酸素生成量が最も多くなった。また、活性酸素生成量はRBの濃度との相関があった。高速度カメラ映像でTSとTシーケンスを比較すると、残留気泡の量が多くなり、これが活性酸素生成量の効率化につながった可能性がある。本研究では、3種のシーケンスで生成された活性酸素量を比較しTSシーケンスが最も活性酸素生成効率が高いことがわかり、さらに高速度カメラ撮影においてシーケンスの違いによるキャビテーション気泡の挙動の違いがこの活性酸素生成効率と関係がある可能性が示唆された。この結果は、より効率的で確実な音響化学活性物質を用いた治療法の実用化へつながると期待できる。

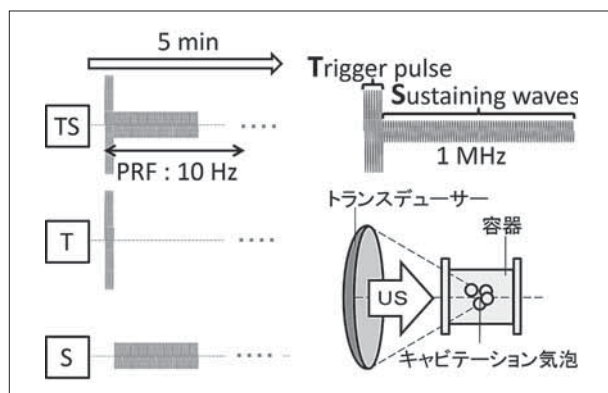


Fig. 1 照射シーケンスと実験系の概略図

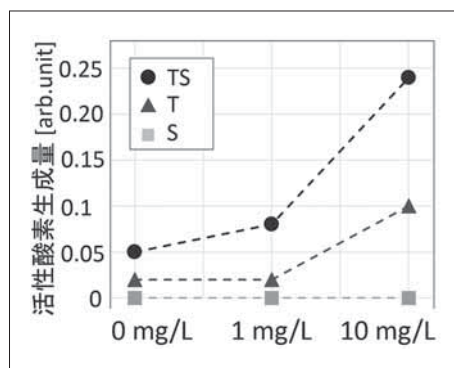


Fig. 2 各濃度におけるシーケンスごとの活性酸素生成量

## MR ガイド下集束超音波治療による 椎間関節由来の腰痛軽減が姿勢バランスに及ぼす影響

○近藤 寛<sup>1)</sup>、南場 寛文<sup>2)</sup>、川崎 元敬<sup>2)</sup>、小田 翔太<sup>1)</sup>、永野 靖典<sup>1)2)</sup>、  
池内 昌彦<sup>1)2)</sup>

1) 高知大学医学部附属病院 リハビリテーション部、2) 高知大学医学部 整形外科

*jm-hiroshi@kochi-u.ac.jp*

【背景】腰痛は、国民の有訴者率で最も多い症状とされる。そのうち、椎間関節に由来する腰痛は約15-45%を占めるが確立した治療法がないため、慢性腰痛を患った高齢者では日常生活での活動低下を招き、姿勢バランスの低下を生じると転倒の危険性が高まり、廃用症候群や寝たきりへと繋がるのが問題視されている。

【目的】過去の本研究会で、慢性疼痛を有する腰椎椎間関節症(LFS)の高齢患者を対象に、MRガイド下集束超音波治療(MRgFUS)による低侵襲治療により腰痛緩和効果について報告した。今回、治療前後での除痛効果に伴う姿勢バランスや移動能力の変化を検証した。

【対象・方法】対象は、腰痛を半年以上有するLFS外来患者のうち、原因となる椎間関節が特定できた10名(女性7名、男性3名、平均年齢72歳)に対し、MRgFUSを実施し、治療前と治療後1週に、姿勢バランスの各種検査(TUG：機能的移動検査、FRT：バランス検査、重心動揺検査)、および膝伸展筋力を計測した。また、VAS疼痛スコアで各検査時の疼痛の程度を評価した。統計はFUS前後の各姿勢バランスの測定値及び疼痛をWilcoxon 符号付順位検定にて比較し有意水準は5%未満とした。

【結果】各指標をFUS前/後で示す。TUGは $11.9 \pm 5.3/8.3 \pm 1.7$ 秒( $p=0.005$ )、FRTは $28.7 \pm 5.5/28.5 \pm 4.8$ cm、重心動揺の外周面積は $3.7 \pm 2.3/3.2 \pm 1.9$ mmであり、TUGのみ有意差を認めた。各検査時のVASは、TUGで $45.4 \pm 28.0/17.0 \pm 16.9$ mm( $p=0.008$ )、FRTで $49.4 \pm 26.4/19.5 \pm 18.5$ mm( $p=0.005$ )、重心動揺で $46.6 \pm 29.9/18.6 \pm 16.2$ mm( $p=0.011$ )と、全ての検査において有意差を認めた。

【考察】姿勢バランスの構成要素として下肢筋力や感覚に言及した報告はあるが、慢性疼痛との関連についての報告は少ない。LFSでは、動的部分の過可動性と不安定性が椎間関節包への過負荷となることで生じた関連痛が慢性化する。今回、MRgFUSにより、各検査時の疼痛はFUS後に軽減していたことから、一定の除痛効果は得られたと考えられる。姿勢バランスの測定値はTUGで改善したことは、腰痛の軽減が身体活動能力を改善させ、機能的移動能力の向上に繋がったことが影響したと考えた。今後、長期経過後の姿勢バランスについての評価が必要と思われた。

## 超音波併用アムホテリシン B 含有ナノバブル製剤によるカンジダ発育阻止効果について

○山本 雅史、岩永 賢二郎

九州歯科大学 生体機能学講座 顎顔面外科学分野

*r11yamamoto@fa.kyu-dent.ac.jp*

【目的】アムホテリシン B は、真菌細胞膜のエルゴステロールと結合し膜に小孔を形成することで、殺菌作用を示す。近年、リン脂質二重膜構造のリポソーム内にパーフルオロプロパンガスを封入したリポソーム型微小気泡（バブルリポソーム）に超音波を照射することで、内包された薬剤の導入効率が向上することが報告されている。そこで今回の研究では、アムホテリシン B のバブルリポソーム製剤と、超音波を併用することにより、低濃度で効果的なドラッグデリバリーシステムを開発することを試みた。

【方法】真菌株として *Candida albicans* ATCC18804 を用いた。抗真菌薬として、アムホテリシン B をリン脂質二重膜内に封入したリポソーム製剤のアムビゾームを使用した。アムビゾームにパーフルオロプロパンガスを封入し、バブルアムビゾームを作製した。バブルアムビゾームのみ、超音波処理、バブルアムビゾームと超音波併用の3群にて、吸光度、colony forming unit (CFU) を計測し、*C. albicans* の増殖能を評価した。さらに YM 寒天培地においてコロニーの直径を計測し、それぞれの発育阻止効果を評価した。

【結果】アムホテリシン B 含有バブルリポソーム製剤と超音波を併用させ、*C. albicans* に作用させる実験系の確立に成功した。そこで得られた最適条件で超音波照射を試みたところ、バブルアムビゾームおよび超音波を併用した群において、より低薬剤濃度で著明な発育阻止効果が確認された。

【考察】*In vitro* において、今回作成したバブルアムビゾームと超音波を併用することにより、真菌に対する効率的なドラッグデリバリーシステムを構築できる可能性が示唆された。今後、動物実験において同様の効果が得られるかを確認する予定である。



## ナノバブルと高密度集束超音波併用による 血液脳関門透過性亢進と脳内遺伝子デリバリー

根岸 洋一<sup>1)</sup>、○高橋 葉子<sup>1)</sup>、栗原 奈保<sup>1)</sup>、鈴木 亮<sup>2)</sup>、丸山 一雄<sup>2)</sup>、  
高木 教夫<sup>1)</sup>、新槇 幸彦<sup>1)</sup>

1) 東京薬科大学 薬学部、2) 帝京大学 薬学部

negishi@toyaku.ac.jp

【目的】脳への薬物送達、血液脳関門 (BBB) により制限されていることから、その透過性亢進は、中枢神経疾患治療に有用な新たなドラッグデリバリーシステム (DDS) の開発に繋がると期待される。これまでに我々は、血中安定性や滞留性、組織適合性に優れたポリエチレングリコール修飾リポソームに診断用超音波造影ガス (パーフルオロプロパン) を封入した粒子径約 500 nm サイズのナノバブル (バブルリポソーム: BL) の開発を行い、*in vitro*、*in vivo* 実験系において、その超音波造影能および薬物・遺伝子キャリアーとなりうることを明らかにしてきた。本研究では、BL と高密度集束超音波 (HIFU) 併用による BBB の透過性亢進作用を調べるとともに、本法による脳内遺伝子デリバリーを試みた。

【方法】ICR マウスにエバンスブルー (EBD) を静脈内投与し、BL を追加投与し、頭蓋内 (右脳側) へと HIFU 照射 (Frequency: 3 MHz, Duty: 10%, 0.5–1.5 kW/cm<sup>2</sup>) した。その後、脳を回収し、組織観察後、EBD を抽出定量し、BBB 透過性の亢進を調べた。同様の実験を分子量の異なる FITC 修飾デキストラン (70 kDa および 2,000 kDa) を用いて、蛍光顕微鏡観察ならびに定量した。さらに本法によるルシフェラーゼ発現プラスミド DNA の脳内デリバリーを行い、遺伝子発現を指標に遺伝子デリバリー効率を評価した。

【結果・考察】EBD の取り込みは、照射部位のみにおいて、透過量の増加が認められた。また、デキストラン分子量の増大に伴って、透過量は減少するものの、70 kDa および 2,000 kDa とともに BBB を透過できることが明らかとなった。さらにルシフェラーゼ発現プラスミドの脳内デリバリーの結果から、BL/HIFU の併用群において、照射部位における遺伝子発現の増強が認められた。以上より、BLs/HIFU の併用法は、脳内 DDS として有用な一手法となりうるものと期待される。

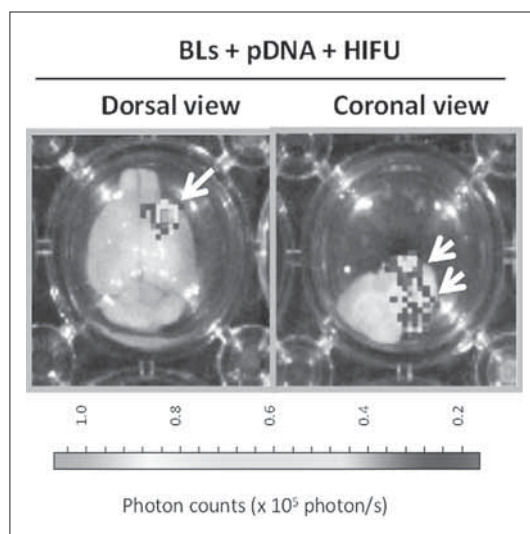


図1 *In vivo* イメージング装置による遺伝子発現解析



### 企画実行委員

当番世話人 兼 事務局長 川崎 元敬

実行委員 谷内 美保  
宮地 理沙

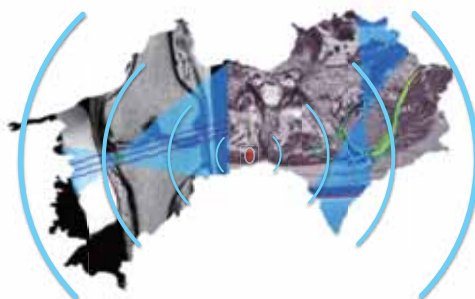
## 第14回日本超音波治療研究会 プログラム・抄録集

---

当番世話人：川崎 元敬

事務局：高知大学医学部 整形外科科学教室  
〒783-8505 高知県南国市岡豊町小蓮  
TEL：088-880-2386 FAX：088-880-2388  
E-mail：jstu2015@kochi-u.ac.jp

出版：株式会社セカンド  
〒862-0950 熊本市中央区水前寺4-39-11 ヤマウチビル1F  
TEL：096-382-7793 FAX：096-386-2025  
<http://www.secand.jp/>



**第14回日本超音波治療研究会事務局**

**高知大学医学部 整形外科学教室**

〒783-8505 高知県南国市岡豊町小蓮

TEL: 088-880-2386

FAX: 088-880-2388

E-mail: [jstu2015@kochi-u.ac.jp](mailto:jstu2015@kochi-u.ac.jp)