

一般演題(口演)工学(30~34)

9月1日(土) 10:30~11:02

第2会場

座長

竹村 泰司

横浜国立大学 大学院工学研究院





リング型電極板を用いたRFハイパーサーミアの数値解析

○道山 哲幸

日本大学工学部

Numerical analysis of heating distribution using ring-electrode type for RF hyperthermia

○Tetsuyuki MICHIIYAMA

College of Engineering, Nihon University

【目的】

RFハイパーサーミア(非侵襲の癌温熱治療、目標温度 42.5°C 以上)において、非侵襲温度測定、脂肪組織の過熱の抑制、ホットスポットの制御が求められている。従来法では装置の特徴から、1対で人体を挟むため、上記の課題解決に至っていない。本研究では、一方向から加熱する手法としてリング型電極板を提案し、温度分布を数値解析した。

【方法】

本研究では、FIT法(Finite Integral Technique)を利用した電磁界解析シミュレータCST MW Studioを用いて比吸収率SAR分布を解析する。さらにその結果から温度解析を行い、加温分布を検討する。中心に1枚の従来型電極を設置し、さらにその周囲にリング型電極板を設置する。ただし中心電極とリング電極の間隔は特性インピーダンス Z_0 で調整している。加熱対象は規範の寒天ファントムとし、電極板との間にbolusを設置する。周波数8 MHz、入力電力1.0 kWとしてSAR解析を行い、その結果から加温分布を算出する。

【結果】

電極板直径60 mmと電極板のリング幅20 mm、で解析した結果、電極板中心位置に最も近い部位を観測点としたとき、 $Z_0 = 25 \Omega$ では温度が 46.8°C となり、 42.5°C に達している。同様に $Z_0 = 50 \Omega$ では 55.8°C となり、前者よりも高い。

【結語】

電極板とリング型電極板を組み合わせたハイパーサーミアの温度分布を評価した。その結果、電極との間隔により、温度や加温範囲が変動することを示唆した。ただし、リング型電極板についてさらなる条件での検証が必要である。

電界治療とハイパーサーミア

○竹内 晃¹⁾, 加藤 和夫²⁾, 新藤 康弘³⁾, ワルシト プルウォ タルノ⁴⁾

¹⁾ルーク クリニック, ²⁾明治大学大学院、生体情報工学研究室, ³⁾東洋大学 理工学部 機械工学科,

⁴⁾PT CTECH LAB EDWAR TECHNOLOGY

Electro capacitive cancer therapy and hyperthermia

○Akira TAKEUCHI¹⁾, Kazuo KATO²⁾, Yasuhiro SHINDO³⁾, Purwo Taruno WARSITO⁴⁾

¹⁾Luke Clinic, ²⁾Graduate school of Science and Technology of Meiji University,

³⁾Department of Mechanical Engineering, Toyo University, ⁴⁾PT CTECH LAB EDWAR TECHNOLOGY

【目的】近年、脳腫瘍を中心とする電界による抗がん治療が実用化され注目されている。今回、我々はその中の一つであるElectro Capacitive Cancer Therapy(ECCT : C-TECH LABS. Indonesia)を導入し、誘電型加温法であるRF8との比較を試みた。【装置の特性及び理論】同装置はジャケットや帽子型のアパレルに配した多数の電極に100~200KHzの中低周波、30Vppの低電圧を長時間通電し、非接触で生体内に電界を形成させ、それにより誘発される誘電泳動で細胞の電氣的極性を損なわせる事により、有糸分裂を妨げる電氣的抗がん治療である。【方法】RF8(1000V加温時の寒天ファントム近傍5 cmの場所)及びECCTで作られる電界(ジャケット型ECCTの内部中心部)を電界強度計(EMR-200 : Narda S.T.S. Germany)で測定し、生体伝熱方程式より計算上の加温特性を評価した。【結果】RF8の電界強度は800~1000V/m程度、ECCTの電界強度は50~100V/mであった。生体熱伝導方程式の発熱項、 $Wh = 1/2 \sigma |E|^2$ を用い、RF8の実測値の最大値 $E=1000V/m$ 、 σ を0.6(寒天ファントム)として計算すると $Wh = 0.3 \times 1000^2 = 0.3 \times 10^6$ となる。対してECCT実測の最大値を $E=100V/m$ とすると 0.3×10^4 となりECCTを電界誘電加温として考えた場合、RF8の加温特性の100分の1に満たなかった。【結語】電界による非熱効果は今後期待される現象である。本研究によりECCTの誘電加温特性は小さく、実質的な温度上昇は不可能である事が確認された。



ハイパーサーミア治療時のポリ塩化ビニリデン被覆による加温部温度分布の変化

○真鍋 麻実¹⁾, 元村 哲也¹⁾, 井上 文江²⁾, 嶽本 洋¹⁾, 古藤 和浩²⁾, 寺嶋 廣美²⁾

¹⁾原三信病院 臨床工学科, ²⁾原三信病院 放射線治療・ハイパーサーミアセンター

The change of thermal distribution induced by covering with polyvinylidene chloride in hyperthermia treatments

○Asami MANABE¹⁾, Tetsuya MOTOMURA¹⁾, Fumie INOUE²⁾, Hiroshi TAKEMOTO¹⁾, Kazuhiro KOTO²⁾, Hiromi TERASHIMA²⁾

¹⁾Department of Clinical Engineer, Harasanshin Hospital, ²⁾Radiotherapy and Hyperthermia Center, Harasanshin Hospital

【目的】ハイパーサーミア治療は浅在部の腫瘍に対して有効な加温が得られ、がん細胞への直接的な効果が期待できる。しかし、凹凸のある部分では電極の密着が難しく、熱間や疼痛のために有効範囲まで加温できないことも多い。一方、表面に潰瘍形成がある場合に、ポリ塩化ビニリデン(PVDC)で電極接触面を覆うと疼痛が軽減することは日常治療でしばしば経験する。PVDCによる皮膚表面保護が、温度分布にどのように影響を与えているかを把握しておくことは、治療効果や副作用を推測するために必要である。今回我々は、寒天ファントムを用いて、PVDC被覆による加温部温度分布の変化を評価した。

【方法】32cm×28cm×20cmの寒天ファントムに、φ30cmとφ10cmの電極を用いて加温し、サーモグラフィで温度分布の変化を測定した。条件設定は、電極接地面の被覆を置かないコントロールに対して、PVDCとガーゼで電極面の上面半分ないし上下半分を覆う場合と比較した。温度測定は、ファントム中央部と電極接地面から2cmの中心部分で経時的に行った。

【結果】ガーゼ被覆では被覆部分の温度上昇が強く抑制されると同時に、非被覆部分では異常な温度上昇が見られた。PVDC被覆では、温度上昇の抑制は緩徐であり、非被覆部分の温度上昇もほとんど見られなかった。深部の温度上昇抑制についても、ほぼ同様の結果であった。

【考察】PVDC被覆による疼痛軽減効果は、PVDCによるRF波の抑制だと思われる。今回の検討では、加温時の温度分布についても、治療上無視し得る程度の変化にとどまることが確認できた。一方、ガーゼ被覆では、被覆部分の温度上昇が著しく減少するのみならず、非被覆面の温度上昇、加温位置の変化があり治療に影響がでるとと思われる。

【結語】ハイパーサーミア治療におけるPVDC被覆は、治療効果に影響を与えずに、疼痛などの副作用を軽減できる対処法である。

患者のX線CT画像から構築した数値人体モデルに基づくRF誘電加温特性の解析

○寒河江 真生¹⁾, 奥田 祐希¹⁾, 大栗 隆行²⁾, 関口 哲也³⁾, 野村 哲司³⁾, 辻口 元司³⁾, 黒田 輝^{1,4)}

¹⁾東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻, ²⁾産業医科大学病院放射線治療科, ³⁾山本ビニター株式会社, ⁴⁾千葉大学フロンティア医工学センター

Numerical simulation of properties of RF capacitive hyperthermia analyzed based on patient's X-ray CT images

○Masaki SAGAE¹⁾, Yuki OKUDA¹⁾, Takayuki OGURI²⁾, Tetsuya SEKIGUCHI³⁾, Tetsuji NOMURA³⁾, Motoji TSUJIGUCHI³⁾, Kagayaki KURODA^{1,4)}

¹⁾Course of Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Engineering, Tokai University, ²⁾Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health, ³⁾Yamamoto Vinita Co., Ltd., ⁴⁾Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

【目的】RF誘電加温のシミュレーションにおいては、これまで単純なファントムや標準的な数値人体モデルが多く使われてきた。しかし個々の患者によって解剖学的構造および組織特性が異なるため、電磁界の振る舞いは複雑に変わる。そこで本研究では患者のX線CT画像からモデル化された解剖学的構造に基づき加温特性の解析を行なった。

【方法】電磁界解析ソフトSim4Life (ZMT, Zurich, Switzerland)を用いて有限要素法により電磁界および温熱界の解析を行った。加温対象部位は前立腺を想定し、X線CTで撮像した患者下腹部のDICOMデータから組織をiSEG (ZMT, Zurich, Switzerland)によって分別した。組織種類は脂肪、骨、前立腺、およびそれ以外の高含水組織とした。前立腺以外の高含水組織はすべて筋肉として近似した。これらの組織の電磁気的および熱的特性は、It' is Foundationが提供するオープンデータベースに基づいて与えた。血液灌流による熱輸送の温度依存性は文献に基づいてモデル化した。対向電極は伏臥位の下腹部の背腹に配置し、駆動周波数8MHz、電極間電位差117V、加温時間を40分間とした。前立腺については計算された温度と実際に測定された直腸温とを一致させるために灌流量の値を調整した。

【結果】平均SARは筋肉の63.67W/kgに対して前立腺は50.63W/kgであった。データベースに基づいて前立腺の灌流量が周囲軟部組織の10倍とした時、到達温度は38.0℃であった。これは当該患者で実際に測定された平均直腸温41.2℃より約8%低かった。前立腺の灌流量を筋肉と同値にした場合、実際に測定された温度に近い40.8℃まで加温された。

【結語】CTデータに基づく個々の患者に対する治療シミュレーションを行えるようになった。熱輸送に関わる血液灌流量は標的組織温度の予測上重要な寄与をするため、灌流量およびその温度依存性については試行錯誤を行い、実測温度点との差を最小化するような調整が必要である。また、電極間電位差も加温特性に大きく関わるため、実際の値との整合を図る必要がある。



深部腫瘍の有効加温を目的とした矩形空洞共振器アプリケーションの加温特性

○市島 泰人¹⁾, 新藤 康弘²⁾, 井関 祐也³⁾, 加藤 和夫⁴⁾

¹⁾明治大学大学院 理工学研究科, ²⁾東洋大学 理工学部 機械工学科,

³⁾八戸工業専門学校 機械システムデザインコース, ⁴⁾明治大学 理工学部 機械情報工学科

Heating characteristics of proposed applicator using rectangular resonant cavity for treating deep tumors

○Yasuhito ICHISHIMA¹⁾, Yasuhiro SHINDO²⁾, Yuya ISEKI³⁾, Kazuo KATO⁴⁾

¹⁾Graduate School of Science and Technology, Meiji University, ²⁾Department of Mechanical Engineering, Toyo University,

³⁾National Institute of Technology, Hachinohe College, ⁴⁾Department of Mechanical Engineering Informatics, Meiji University

【はじめに】

本研究では空洞共振器加温方式を提案している。これは空洞共振器内に特殊な電磁界パターンを発生させ、生体深部癌を非接触的に加温治療する方式である。これまでに提案した円筒形状型空洞共振器の場合、胸部及び腹部に生じた深部癌を加温治療する際、人体全体を空洞共振器内に入れなければならないため、人体の凹凸部分に電磁界が集中し、加温領域の制御が難しいといった問題点があった。そこで、本研究では加温部位周辺のみを空洞共振器内に設置するために矩形状の空洞共振器加温方式を提案している。ここでは凹凸の激しい人体形状モデルを加温対象とし、コンピュータ・シミュレーションおよび加温実験の両面から、矩形型空洞共振器アプリケーションの有用性を示す。

【加温特性解析】

FEMを用いた電磁界及び温度分布計算結果から矩形型空洞共振器の加温特性について検討した。解析対象には超音波画像から再構成した3次元人体形状モデルを用いており、人体の大きさ、およびその複雑な形状を模擬している。FEM解析結果を基に、空洞共振器の寸法を決定した。

【加温実験】

矩形型空洞共振器加温システムを試作した。本加温システムは、矩形空洞共振器、オートマッチインピーダンス整合機能を有する高周波アンプから構成されている。加温時間30分、加温電力60Wとした。加温実験に用いた人体形状寒天ファントムは、あらかじめ中央部が切断されており、この断面をサーモカメラで実験直後に撮像することで深部加温を確認した。また、胸部や臀部等が異常加温されていないことも確認した。

【まとめ】

コンピュータ・シミュレーションおよび加温実験の両面から、本研究で提案する加温方式は局所加温特性に優れ、安全かつ効果的に目的部位を加温できる可能性のあることが分かった。今後、実用化に向けた加温装置の改良を予定している。