

# **ANALISI DELLA DENSITA' DI POTENZA TERMICA INDOTTA NEI TESSUTI BIOLOGICI DALLA DIATERMIA AD ONDE CORTE**

*S. Cristina, M. Parise*

Dipartimento di Ingegneria Biomedica  
Università Campus Bio-Medico di Roma  
Via A. del Portillo 21, 00128 Roma

La diatermia induttiva ad onde corte consiste nella produzione di correnti ad alta frequenza in tessuti sottocutanei per mezzo di applicatori a bobina di induzione. Le correnti indotte dal campo magnetico variabile generato dalla bobina provocano lo sviluppo e l'assorbimento di potenza termica nei tessuti esposti al trattamento. Questa terapia, largamente diffusa nel settore biomedicale, è impiegata per molteplici scopi, ovvero per accelerare la guarigione di ferite e la rigenerazione di fibre nervose, per rimuovere occlusioni di vasi sanguigni, per alleviare spasmi muscolari ([3], [4]). In particolare, studi recenti sulla guarigione delle ferite [3] hanno dimostrato che l'applicazione della diatermia accresce la velocità di proliferazione dei fibroblasti, che sono coinvolti nella sintesi del collagene e contribuiscono a rimarginare le cicatrici. In precedenza, prove sperimentali eseguite su pazienti interessati da patologie vascolari [4] hanno evidenziato come la produzione locale di calore nei tessuti provochi dilatazione dei vasi sanguigni, favorendo l'incremento del flusso ematico. Gli esperimenti condotti portano a ritenere che, per una rigorosa programmazione della terapia da associare alla specifica patologia del paziente, sia necessario conoscere a priori la distribuzione spaziale della densità di potenza termica prodotta nei materiali biologici da applicatori di varie forme e dimensioni.

Il profilo della densità di potenza assorbita (o velocità di assorbimento specifico, SAR), può essere nella maggior parte dei casi calcolato assumendo che la geometria del tessuto da curare sia planare. La schiena e l'addome umano costituiscono esempi tipici di geometrie assimilabili a configurazioni planari durante il processo di diatermia, purchè la distanza tra bobina e mezzo sia più piccola del raggio esterno della bobina, e il raggio della bobina sia a sua volta piccolo se comparato alla dimensione caratteristica della sezione trasversale del tronco corporeo. In tali casi, il problema elettromagnetico (EM) può essere risolto ricorrendo ad approcci analitici, che offrono vantaggi considerevoli rispetto alle procedure puramente numeriche. Infatti, le soluzioni analitiche sono dal punto di vista computazionale sensibilmente meno onerose di quelle numeriche, e risultano pertanto adatte alla valutazione comparativa di varie condizioni di esposizione e configurazioni di bobine.

L'andamento nello spazio della densità di potenza assorbita viene attualmente valutato nell'ipotesi di campo EM quasi-statico, utilizzando cioè modelli EM di ordine zero che trascurano gli effetti ad alta frequenza dovuti alla corrente di spostamento (sia in aria che nei tessuti) e alla profondità di penetrazione (nei tessuti) ([5]-[7]). Tuttavia, alle frequenze operative di 27.12 MHz e 40.68 MHz i risultati forniti da questi modelli possono non essere accurati, dal momento che la profondità di penetrazione in alcuni tipi di tessuto (come ad esempio quello muscolare) è sufficientemente piccola (qualche centimetro) da poter essere comparata con lo spessore dello strato di tessuto.

L'attività di ricerca è rivolta alla messa a punto di un modello analitico completo del mezzo risultante dalla combinazione dei tessuti adiposo e muscolare, sede di correnti di conduzione indotte da una bobina esterna alimentata da un generatore a radiofrequenza.

Il modello è basato sulla rappresentazione integrale esatta del campo elettrico prodotto da una spira circolare posta su un mezzo piano stratificato [8], ed è valido in un ampio intervallo di frequenze. Inizialmente, l'espressione integrale del campo elettrico è riformulata in modo da consentire l'applicazione del teorema dei residui di Cauchy. Quindi la parte oscillante della funzione integranda è sostituita da una accurata approssimazione razionale ricavata utilizzando l'algoritmo descritto in [9]; infine il teorema dei residui è applicato fornendo una espressione in forma chiusa della distribuzione radiale del campo elettrico e della SAR su ogni piano parallelo all'interfaccia tra i tessuti adiposo e muscolare ([1], [2]).

## Bibliografia

- [1] S. Cristina, M. Parise, "Calculation of EM power deposition for exposure to shortwave induction diathermy," *IET CEM 2008, 7<sup>th</sup> International Conference on Computation in Electromagnetics*, Brighton, UK, Apr. 7-10, 2008, pp. 208-209
- [2] S. Cristina, M. Parise, "Closed-form expression of the SAR distribution in a multilayered planar model for shortwave inductive diathermy," *BMEI 2008, International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, Sanya, Hainan, China, May 27-30, 2008 (in press).
- [3] R. L. Yadava, "RF/Microwaves in bio-medical applications," *INCEMIC 2003, 8<sup>th</sup> Intern. Conf. Electrom. Interf. Compat.*, the Residency Towers, Chennai, India, Dec. 18-19, 2003, pp. 81-85.
- [4] D. Santoro, L. Ostrander, B. Y. Lee, B. Cagir "Inductive 27.12 MHz Diathermy in Arterial Peripheral Vascular Disease," *EMBS 1994, Proc. IEEE 16<sup>th</sup> Annual Intern. Conf.*, Baltimore, MD, USA, Nov. 3-6, 1994, vol. 2, pp. 776-777.
- [5] A. W. Guy, J.F. Lehmann, J.B. Stonebridge "Therapeutic applications of electromagnetic power," *Proc. IEEE*, vol. 62, No. 1, Jan. 1974, pp. 55-75.
- [6] K. P. Esselle, M. A. Stuchly, "Quasi-static electric field in a cylindrical volume conductor induced by external coils", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 41, No. 2, Feb. 1994, pp. 151-158.
- [7] V. Schnabel, J. J. Struijk, "Calculation of electric fields in a multiple cylindrical volume conductor induced by magnetic coils," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 48, No. 1, Jan. 2001, pp. 78-86.
- [8] M. N. Nabighian, Ed., *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*. Ser Investigation in Geophysics no.3. Tulsa, OK: Soc. Explor. Geophys., 1987, vol. 1.
- [9] B. Gustavsen, A. Semlyen, "Rational approximation of frequency domain responses by vector fitting," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 14, No. 3, July 1999, pp. 1052-1061.