

# Iron biomineralization in organic tissue and the effects of weak DC magnetic field simulation on human brainwave activity

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Schultheiss-Grassi, Paola

**Publication date:**

1998

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001935990>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH No. 12628

**Iron Biomineralization in Organic Tissue and  
the Effects of Weak DC Magnetic Field Stimulation  
on Human Brainwave Activity**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

presented by  
PAOLA SCHULTHEISS-GRASSI  
Dipl. Nat. Sci. ETH  
born on November 10, 1969  
citizen of Lugano, Ticino

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. F. Heller,       examiner  
Prof. Dr. H.G. Wieser, co-examiner  
Prof. Dr. W. Lowrie,     co-examiner  
Dr. J.P. Dobson,         co-examiner

1998

## Abstract

The objective of this project is to analyse the iron biomineralization in organic tissue samples and to study the effects of weak DC magnetic fields on the brainwave activity of epileptic patients.

The first goal of this project is the verification of preliminary results reported by Dobson et al. (1995) and Fuller et al. (1995). In these studies the brainwave responses to the application of relatively weak magnetic fields (0.9 mT to 1.8 mT) were recorded on electroencephalogram (EEG). Ten patients suffering from mesio temporal lobe epilepsy (MTLE) were exposed to DC magnetic fields up to 4 mT in strength, in homogeneous and gradient configurations. The EEG activity was recorded from intracranial electrodes inserted via the foramen ovale (FO). Several changes in the brainwave activity of individual patients were observed. Statistical analyses of power spectral density (PSD) showed significant responses to field application as a result of stimulation with 2mT using the gradient field configuration. Additional analyses of the background activity showed that a statistically significant decrease in the brainwave amplitude was obtained when patients were stimulated with a pulsed magnetic field. Analyses of the epileptic spikes occurrence didn't show any statistically significant change in the number of spikes when stimulating the patient with a magnetic field.

The second part of this project consisted of examination of human and rat tissue samples using magnetic methods with the goal of verifying the existence of ferromagnetic minerals in the tissue. Investigations of acquisition of isothermal remanent magnetization (IRM) and alternating field (AF) demagnetization of the IRM in samples of human and rat tissue have revealed the presence of low coercivity ferrimagnetic particles that are thought to be magnetite. After resection all samples were placed directly in sealed, acid-cleaned vials, and stored at liquid nitrogen temperature before measuring. IRM experiments on the samples were made at 77K and 273K. Tests to control for airborne contamination and for the reproducibility of the measurements were carried out regularly.

Results of the magnetic analyses of human tissue samples, resected from several brain regions as well as from the heart, spleen and liver, indicate the presence of ferrimagnetic, fine-grained, magnetically interacting particles which are thought to be magnetite and/or maghemite. The presence of superparamagnetic particles in the tissue can be inferred from the increase in saturation IRM values when measured at 77K compared to measurements at 273K. The concentration of magnetic particles in

the samples varies from 13 ng/g to more than 300 ng/g.

In six of seven samples from rat brain there is either very little or no evidence of ferrimagnetic material in comparison to human tissue. One anomalous sample contained a significant amount of magnetic material. These results are important because they appear to show that laboratory rats may not provide a valid model for studies of the effects of bioelectromagnetic exposure on humans.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Eisenbiomineralisation organischer Gewebe und dem Einfluss schwacher magnetischer Felder auf die menschliche Gehirnaktivität. Das erste Ziel dieser Arbeit ist die Verifizierung der vorläufigen Forschungsergebnisse von Dobson et al. (1995) und Fuller et al. (1995). In diesen beiden Studien wurden die Auswirkungen schwacher Magnetfelder (0.9mT bis 1.8mT) auf die menschliche Gehirnaktivität (Elektroencephalogramm, EEG) untersucht. Die Gehirnaktivität wurde mit intrakraniellen Elektroden registriert, die durch das *foramen ovale* (FO) eingeführt worden waren. Zehn Patienten, welche unter mesialer Temporallappenepilepsie (MTLE) litten, wurden mit Magnetfeldern bis zu 4mT Stärke stimuliert. Die Magnetfelder waren sowohl homogen als auch graduell. Statistische Analysen des EEG-Leistungsdichtespektrums ergaben eine signifikante Veränderung bei der Stimulation mit einem 2mT starken, graduellen Magnetfeld. Zusätzliche Analysen der Hintergrundaktivität des Gehirns ergaben eine signifikante Verkleinerung der Amplituden, wenn der Patient mit einem gepulsten Feld stimuliert wurde. Statistische Analysen der epileptischen Aktivität ergaben keine signifikante Veränderung.

Der zweite Teil der vorliegenden Studie befasst sich mit der Untersuchung von menschlichen Gewebestücken sowie denen von Ratten mit dem Ziel, das Vorkommen ferromagnetischer Mineralien nachzuweisen. Nach der operationellen Entfernung wurden alle Gewebestücke sofort in versiegelte, mit Säure gereinigte Glasbehälter versorgt und in flüssigem Stickstoff aufbewahrt. Erwerbungscurven isothermaler remanenter Magnetisierung (IRM) sowie Wechselfeldabmagnetisierung der IRM zeigen das Vorhandensein von ferromagnetischen Teilchen niedriger Koerzitivität. Die IRM-Experimente an den Gewebeproben wurden bei Temperaturen von 77K sowie 273K durchgeführt. Regelmässig wurden Kontrollmessungen durchgeführt, um die mögliche Verunreinigung der Proben zu kontrollieren und die Resultate zu reproduzieren.

Die Resultate der mineralmagnetischen Analysen lassen das Vorhandensein von feinkörnigen, ferromagnetischen Partikeln vermuten, die in schwacher magnetischer Wechselwirkung stehen. Bei diesen Partikeln handelt es sich entweder um Magnetit oder Maghemit. Das Vorhandensein superparamagnetischer Partikel in den Gewebeproben wird aus der Erhöhung der Sättigungswerte der IRM, gemessen bei 77K, verglichen mit den Messungen bei 273K abgeleitet. Die Konzentration der magnetischen Partikel schwankt von 13 ng/g bis über 300 ng/g.

In sechs von sieben Rattenproben gab es keine oder nur sehr wenige ferromagne-

tische Partikel im Vergleich zu den menschlichen Proben. Eine anormale Probe enthielt einen signifikanten Anteil ferromagnetischer Partikel. Dieser Befund ist insofern wichtig, da er zeigt, dass Laborratten sich für Studien bioelektromagnetischer Effekte am Menschen nicht eignen.