

私が博士課程を選んだ理由とその後の経験

The reason why I chose doctoral course and experiences in the doctoral course

○ 鶴岡典子 (東北大)

Noriko TSURUOKA, Tohoku University

Abstract: Deciding to enter the doctoral course is a large choice that influence the life. Advices from other people is an important material when you deciding whether you enter the doctoral course or not. The big factor that I decided to enter a doctoral course was that my research was accepted by other people. After entrance to doctoral course, an impression of doctoral course was changed at few points. In this paper, it is shown that the difference between master course and doctoral course, and my experience and what I tried during doctoral course. In addition, research summary of acupuncture stimulation device using focused ultrasound and minimally invasive microperfusion system for continuous monitoring of biological substances were also shown.

Key Words: Doctral course

1. はじめに

世間での博士課程の印象は、高度な学問を学べる、社会に貢献する研究ができるなどの良い印象だけでなく、3年間研究ばかりで大変である、就職先が少なく就職する年齢も遅くなる、お金がかかるなどのネガティブな印象もある。このような情報の中で、博士課程への進学を決め手になったのは、周りからの情報や意見である。様々な立場の人から意見を聞き、進学するかどうかを決定することが大切であった。本講演では、私が博士課程への進学を決めたきっかけや進学後の経験について述べる。

2. 博士課程進学を決めたきっかけ

私は、人に役立つ機会を作りたいという考えから修士課程では医工学研究科に進学し、収束超音波による経穴刺激装置および皮下微小還流による生体成分センサの開発を行ってきた。そのため、修士課程修了後は医療機器やヘルスケア機器を開発している会社に就職して、そのような機械の開発に携わりたいと考えていた。しかし、研究を進めていくうちに周りから、この研究を修士で終わらせるのはもったいない、博士課程に進学してより完成度を上げれば、社会に役立つデバイスになるというアドバイスを多くもらい、自分自身ももっと自分の研究の完成度を上げることに挑戦してみたいと考えるようになった。このことが、私が博士課程進学を決めた最も大きな理由だった。

博士課程に進学するか修士課程で卒業して企業に就職するかの違いは、世の中になく新たなものを生み出すのか既存の技術を応用して実用可能な装置を作るのかの違いである。私は、修士課程までの研究においてこれまでにない医療機器を開発することはとても面白いと感じていたため、この点でも博士課程に進学したいという思いが強くなった。

博士課程に進学した際の金銭面に関しては、博士課程に進学する前は貸与型の奨学金を借りるしか方法を知らなかった。しかし、実際に進学してみると博士課程向けの給付型の奨学金があったり、ティーチングアシスタントやリサーチアシスタントの募集があるため、これらに積極的に参加することでかなり役立った。特に、リサーチアシスタントの中には採用されている様々な分野の博士課程の学生と交流する機会があるものもあり、とてもいい刺激になった。

3. 博士課程に入学してからの経験と心がけたこと

博士課程に入学してから、入るまでと印象が変わった点がいくつかあった。1つ目は、博士課程に対する世間の目はそれほど厳しくないということである。博士課程に入

ったばかりのころは、同年代のほとんどが就職している中自分は学生であるため、あまりいい印象を持たれないのではないかと考えていた。しかし、実際の周りからの反応は、思っていた以上に好意的にとらえる意見が多かった。2つ目は、研究室等での責任が大きくなるということである。修士課程までに比べ、博士課程では実験の仕方や考え方を人に教える機会がかなり多くなった。人に教える際には教えた内容に責任を持つ必要があるため、正確な情報を持っていることが求められる。このことは、自分自身の知識を見直すいい機会となった。

博士課程に入学してから心がけていたことは、チャンスがあれば常に新たなことに挑戦し、学びを忘れないこと、専門的な内容でも人にわかりやすく説明することの2点である。博士課程に入学してからは、学内で行われる講演会等に積極的に参加することで様々な知識を身につけたり、博士課程向けのイベントに参加して他分野の博士学生との交流を行うことで研究が中心の生活にとってもいい刺激を受けられた。また、研究の中でこれまで学んできた機械系だけでなく医学や化学の知識が必要になった際には、積極的にその分野の教授に話を聞きに行くことで知識を学ぶだけでなく考え方や解釈の違いなどを知ることができ、より効率的に研究を進めることができた。この際に、有意義な意見交換ができるように、自分の研究内容を分かりやすく伝えることも心掛けた。そのために、研究内容についての基礎的な部分の知識を見直すことはもちろん、わかりやすいプレゼンテーションの仕方についても学ぶように心がけた。

4. これまでの研究内容

4.1. 収束超音波を用いた経穴刺激装置の開発

東洋医学における鍼灸治療では鍼、灸などで経穴を刺激することによって治療を行う。しかし、従来の刺激方法では、効果的に刺激し続けることは難しく、鍼を刺す際などにはわずかな痛みを伴ってしまう。そこで本研究では、直径約6mm程度の凹面型圧電素子(PZT)によって収束超音波を発生させ、これを経穴に照射し刺激を行う経穴刺激装置の開発と従来の鍼刺激との効果の比較を行った⁽¹⁾。

このデバイスは、厚さ1.1mm、直径5.5mm、曲率半径9mmの凹面型に加工したPZT素子によって収束した超音波を発生させ、焦点位置において経穴を刺激する(Fig. 1)。本デバイスをを用い、梁茂樹との効果の比較を行った。

被験者50人をランダムに2群に分け、一方には収束超音波での経穴刺激を、他方には鍼での経穴刺激を与え治療効

果の比較を行った。治療効果の判断は、両足の太衝穴にそれぞれの手法で刺激を与え、刺激前後での上腕動脈の血流量の差を比較した。A 群には本デバイスを用いて、皮膚から 5mm 深さに焦点を合わせ、超音波強度 2.38 W/cm² の 1.83 MHz の連続波で 36 秒間刺激を与えた。B 群には 18 秒間で鍼を両足に刺入し、その後 18 秒間捻転刺激を与えた。血流量の測定は超音波エコーを用いた。呼吸による影響を少なくするため 6 秒に 1 回の呼吸統制を行い、血流量は 6 秒間の平均値を用いた。

刺激前後の血流量の変化を Fig. 2 に示す。A 群では、刺激を与えると徐々に血流量が増加し、刺激後 180 秒で有意に増加した。B 群では、鍼刺入後一時的に血流量が有意に減少し、刺激後 180 秒後に有意に増加した。A 群において実験後被験者からの痛みや違和感などの訴えはなかった。

A 群、B 群ともに血流量が有意に増加したことから鍼と同様に収束超音波でも経穴刺激をによる効果が得られていると考えられる。刺激の要因としては超音波の物理的作用と熱的作用の二つが考えられ、物理的作用は鍼のような、熱的作用は灸のような刺激を与えると考えられる。本試験では刺激時間が 36 秒間と短いため発熱は少なく、物理的作用による刺激が大きいと考えられる。また、B 群で鍼刺入後一時的に血流量が有意に減少した理由としては、鍼刺入に対する交感神経の働きにより一時的な血管収縮が起こっているためではないかと考えられる。A 群で同様の現象が起こらなかったことから、収束超音波刺激は生体にとって侵害刺激になっておらず、非侵襲で刺激が行えていることが確認できた。

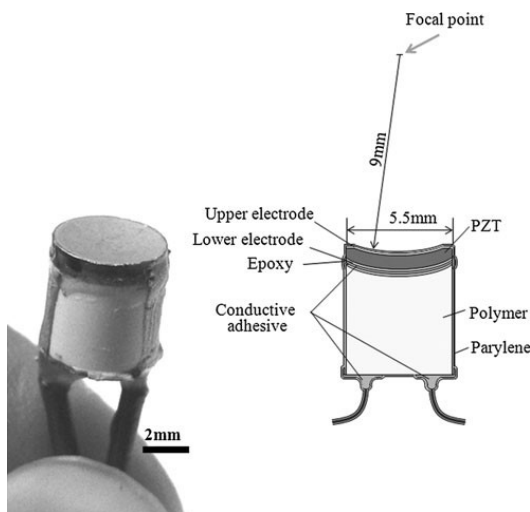


Fig. 1 Photograph and cross-sectional view of focused ultrasound device (1).

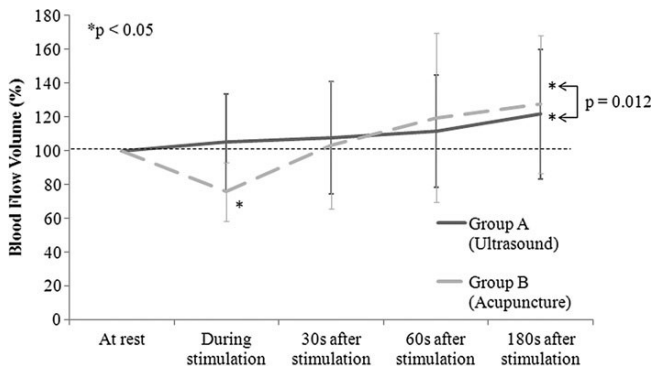


Fig. 2 Percent change of blood flow volume of brachial artery. Values are presented as the mean – standard deviation, and *p < 0.05 versus before stimulation (1).

4.2. 皮下微小還流による生体成分センサの開発

生体成分は、体の健康状態を知る上で重要な指標である。一般に、血液、尿、唾液等を用いて様々な健康状態、具体的には肝機能、血糖などの検査が行われている。本研究では、血中乳酸濃度に着目し、運動中の血中乳酸濃度をモニタリングするデバイスの開発を目的とする。運動を行う際、運動強度が上がったり、運動が持続したりした場合に嫌氣的代謝が起こり、運動強度に相関して血中乳酸濃度が上がることが知られており、血中乳酸濃度は運動の指標として用いられている。現在市販されている乳酸センサは、採血によるものがほとんどで、特に小型で少量 (5 μl) の血液で計測が可能な簡易血中乳酸センサは広く用いられている。しかし、採血による測定は穿刺の際に血管の特定が難しく、多少の痛みも伴う。また、測定の度に穿刺する必要があるため継続的なモニタリングも難しい。そこで本研究では、運動中に手軽に継続的な乳酸濃度をモニタリングできるデバイスの開発を目指している。

皮下に含まれる低分子量の生体成分濃度は血中のそれとほぼ同じことが知られていることから、本研究では生体成分を日常的にモニタリングするために、低侵襲皮膚貼り付け型の皮下微小還流システムを開発している (Fig. 3)。このシステムは、細く短い針上の流路に還流液を流して皮下で微小還流を行い、体外に設置したセンサで物質濃度の測定を行う。皮下刺入針は針上に穴付き膜で覆われた流路を搭載している。この皮下刺入針を市販の鍼灸針表面に作製することにより、刺入性に優れ、刺入の際の痛みを伴わない針とした。作製した針を用いてマウス皮下からの乳酸濃度計測を行ったところ、血中濃度と相関した乳酸濃度計測が可能であり、非観血的に血中乳酸濃度を推定できることを確認した(3, 4)。

さらに、還流液を流すための小型ポンプとして電気分解による体積変化を利用したポンプを(6)、還流液中物質濃度を計測するためのセンサ部として、低濃度乳酸計測用酵素電極センサを開発している。還流液を流すためのポンプには水の電気分解による体積変化を利用したポンプを開発した。本システムに適應するための要求仕様である低流量での長時間駆動を達成でき、電解質に純水だけでなくハイドロゲルを用いることでポンプの姿勢にかかわらず長時間の吐出を可能とした。さらに、センサ部として酵素反応の際に発生する過酸化水素濃度を計測する酵素電極センサを作製した。量産化を可能とするため酵素の直接パターンニングを行うことを可能とし、血中の 1/100 (0.01-0.025 mM) の低濃度乳酸を計測できるセンサとした。

今後はこれらの要素を組み合わせ、電源部を含めた小型化を行い、ウェアラブルなシステムとすることが求められる。また、本システムを乳酸以外の物質 (グルコース、水分量など) のモニタリングへ応用も期待される。

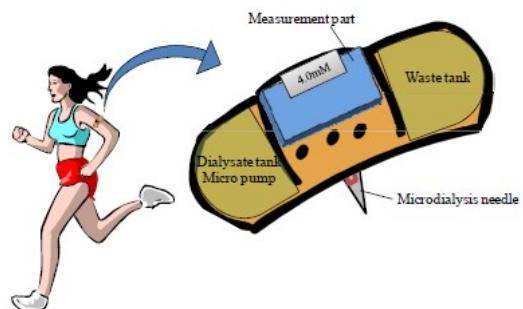


Fig. 3 Image of microperfusion system(2)

参考文献

- (1) N. Tsuruoka, M. Watanabe, S. Takayama, T. Seki, T. Matsunaga and Y. Haga, Brief Effect of Acupoint Stimulation Using Focused Ultrasound, *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, Vol. 19, No. 5, pp.416-419, 2013.
- (2) N. Tsuruoka, K. Ishii, T. Matsunaga, R. Nagatomi and Y. Haga, Development of minimally invasive microdialysis needle for continuous monitoring of biological substances, *The 25th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*, Paris, France, 29 Jan - 2 Feb, pp. 941-944, 2012.
- (3) N. Tsuruoka, K. Ishii, T. Matsunaga, R. Nagatomi and Y. Haga, Measurement of Subcutaneous Biological Substances Using Thin Metal Needle with Micro Flow Channel, *Proceedings of 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Osaka, Japan, July 3 - 7, 2013, pp.4478-4481.
- (4) N. Tsuruoka, K. Ishii, T. Matsunaga, R. Nagatomi and Y. Haga, Lactate and glucose measurement in subepidermal tissue using minimally invasive microperfusion needle. *Biomed Microdevices*. 2016 Feb;18(1):19. doi: 10.1007/s10544-016-0049-z.
- (5) 鶴岡典子, 松永忠雄, 永富良一, 芳賀洋一, 皮下微小還流のための使い捨て化を目指した低流量電気分解ポンプの開発, *電気学会論文誌E*, Vol. 135, No.8, pp.330-337, 2015