

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ АКУПУНКТУРНЫЕ ТОЧКИ?

1. Кафедра физики, физики поверхности лаборатории (Государственная лаборатория) и синхротронного излучения, Научно-исследовательский центр университета Фудань, Шанхай 200433, КНР.
2. Шанхайский научно-исследовательский центр акупунктуры и меридианов, Пудун, Шанхай 201203, КНР.
3. Физический факультет колледжа Яньчэн учителей, Яньчэн 224002, КНР.
4. Второй военный медицинский университет, Шанхай 200433, КНР.
5. Институт физики высоких энергий Китайской академии наук, Пекин 100039.
6. Департамент механики и машиностроения Научная университета Фудань, Шанхай 200433, КНР.

Поступило в Редакцию 15 ноября 2008 г., в окончательном виде 9 февраля 2009г. Опубликовано 8 апреля 2009 г.

Аннотация

Мы использовали синхротронный рентгено-флуоресцентный анализ для исследования распределения четырех химических элементов в и вокруг точек акупунктуры, двух, расположенных в предплечье и двух в нижней части ноги. Три из четырех точек акупунктуры показали значительно повышенные концентрации элементов **Ca**, **Fe**, **Cu** и **Zn** в отношении уровней в окружающие ткани, с аналогичными коэффициентами высоты для **Cu** и **Fe**. Зафиксированное распределение этих элементов означает, что каждая точка акупунктуры, предположительно эллиптической формы с длинной осью вдоль меридиана.

1. Введение

Есть конкретные акупунктурные точки на поверхности человеческого тела, которые могут быть использованы для мониторинга здоровья человека и восстановления здоровья путем стимуляции этих точек (O'Connor и Bensusky 1981, Чэн, 1987). На опыте пациентов – при стимуляции этих точек ощущается боль или покалывание. Эти точки связаны между собой сетью меридианов, которые распределены в продольном направлении тела как человека так и других млекопитающих. В традиционной китайской медицине жизненная сила, "Ци", как полагают, проходит через эти меридианы. Если сеть меридиана нарушается таким образом, что поток 'ци' заблокирован, это приводит к болезни. Каждый меридиан относится конкретно к одному конкретному органу. Тем не менее, существование и функции акупунктурных точек вызывает споры. Были использованы многие методы для проведения исследований по акупунктуре и ее связи с соединительными тканевыми структурами, лимфатическими узлами, капиллярами и нервами. Данные структуры являются не только носителями ионов и других материалов, но также передают энергию и информацию между клетками (Ланжевена и Yandow 2002, Фэй и др. 1998). Было установлено, что существует высокий уровень **Ca** в акупунктурных точках с помощью протонного индуцированного рентгеновского излучения

(PIXE) (Dang др 1997, Chen и соавт 1998). Несмотря на то, **Ca** преимущественно скелетный элемент, небольшая часть находится внутри клеток и в межклеточной жидкости, действуя в качестве химического посредника между клетками, контролирующий движение и обмена веществ (Greenberg, 1997, Теобальд, 2005). В результате исследования сделан вывод, что акупунктурные точки являлись специализированными местами, где законсервирован метастабильной **Ca** для использования в чрезвычайных ситуациях. В этом сообщении мы исследовали химические элементы **Ca**, **Fe**, **Cu** и **Zn** в акупунктурных точках и в их окрестностях, используя метод синхротронного рентгеновского флуоресцентного анализа (SXRF).

2. Методы и материалы

Мы измерили характерные выбросы рентгеновского излучения **Ca**, **Fe**, **Cu** и **Zn** в четырех различных акупунктурных точках и в окружающих тканях. Метод рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) широко используется для изучения образцов тканей человека (Theodorakou и Фаркухарсон 2008 Geraki др. 2004, Börjesson др 1998). PIXE и SXRF- два важных метода анализа состава тканей (Евгений 1975, Ма и Ян 2000 Чжао и др, 1989). PIXE использует в качестве источника излучения протоны высоких энергий. Метод был использован для измерения содержания **Ca** в акупунктурных точках. Обнаружено, что концентрация **Ca** была намного выше, чем в соседних тканях. Уточним, что SXRF использовался для неразрушающего микроанализа нескольких микроэлементов металлов. SXRF связан с излучением вторичного (или люминесцентного) рентгена из материала, который был возбужден синхротронным излучением (Valkovic и Moschini 1993, Lobinski др 2006 г.). Когда материал подвергается облучению с энергией большей, чем энергия ионизации его составляющих атомов, излучение может вывести прочно связанные электроны из внутренних (низкоэнергетических) орбит в атоме. Электроны с более высокими уровнями энергии "падают" в нижний уровень. В результате, освобождается энергия в виде фотона, энергия которого равна разности энергий этих двух уровней. Таким образом, излучение имеет энергию, которая характерна для присутствующих атомов. Таким образом, пучок синхротронных рентгеновских лучей возбуждает вторичное рентгеновское излучение от элементов в образце при характерных длинах волн. Известно, что синхротронное излучение имеет много преимуществ, таких как высокая интенсивность и широкий диапазон энергий. Таким образом, SXRF является особенно предпочтительным для определения сверхнизкой концентрации различных микроэлементов, реализуя рентгенофлуоресценцию в широком диапазоне спектра.

Мы проанализировали SXRF спектр характерной флуоресценции нескольких элементов в зоне ткани при воздействии на нее синхротронного луча с помощью программы AXIL (Ван Эспен др, 1989), в которой были вычислены интегральные интенсивности от каждого элемента и оказались пропорциональными их концентрации :

$$N_i = k_i Q_i C_i,$$

где N_i - интегральная интенсивность i -го элемента, Q_i - флуоресцентный выход, C_i - концентрация i -го элемента и k_i – зависящая от условий эксперимента постоянная. Так несколько элементов были измерены одновременно и параметр k_i можно считать постоянным. Следовательно,

$$C_i : C_j : C_k = N_i/Q_i : N_j/Q_j : N_k/Q_k,$$

где i , j и k обозначают различные элементы. Следовательно, соотношение различных интегральных интенсивностей от i -того, j -того и k -того элементов скорректированных по их флуоресцентной отдаче, может быть использовано для получения относительных соотношений содержания соответствующего элемента.

Рисунок 1. *Изображение образца 1, локтевого и радиуса надкостницы и межкостная оболочек правого предплечья. Черные линии являются знаками распределения 24 точек, что отсканированного вдоль меридиана на образце 1.*

Образцы для исследования были предоставлены из Учебно-научного отдела Второго военного медицинского университета в соответствии с протоколом рассмотрения и одобрения комитетом по этике для надлежащего использования человеческих тканей. Наши образцы были расчленены из трупа анатомом. Образцы - надкостница или межкостная мембраны, состоящие в основном из волокнистых соединительных тканей; следовательно, они были очень тонкими, менее 1 мм. Образцы были постоянно погружены в формалин. Тем не менее, при скрытии эти образцы утрачивают биохимическую активность и концентрации микроэлементов в них затем сохраняется примерно неизменным. Установлено, что формалин при длительном хранении оказывает незначительное влияние на большинство концентраций элементов в ткани (Буш и др, 1995). Во время процесса сбора образца, хранения или обработки, мы старались избегать каких-либо эффектов, которые вероятно могли внести изменения в концентрацию элементов. Были использованы одни и те же процессы обработки для всех образцов с целью сравнения концентраций элементов различных образцов. Образец (рисунок 1) была вырезана из локтевой и радиуса надкостницы и межкостной оболочек правого предплечья. Весь объем выборки был примерно 10 см длиной и 3 см шириной (продольное направление было по меридиану). Он был назван образец 1. Акупунктурные точки, Jianshi и Ximen, были расположены на 3/12 и 5/12 расстояния от запястья до локтя соответственно (рисунок 2). Две другие акупунктурные точки - Xiajuxu (образец 2) и Tiaokou (образец 3), были расположены на 7/16 и 8/16 расстояния от лодыжки до колена соответственно (рисунок 3). Образец без точки акупунктуры (см рисунок 3) - на 6/16 этого расстояния (образец 4). Размеры этих трех образцов были примерно 3 см (длина) x 1,5 см (ширина). Все

образцы были взяты от одного человека и только один образец был взят с каждой стороны. В традиционной китайской медицине, для того чтобы описать положение точек акупунктуры используется мера, пропорциональная длине "цуня".

Эксперименты проводились на рентгеновско-флуоресценции станции в BSRF на оконечной станции с 3W1 А лучом и энергетическим диапазоном от 3,5 кэВ и 35 кэВ. Для регистрации спектров флуоресценции использовался детектор Si (Li) и спектрометр с разрешением по энергии примерно 134 эВ на 5,9 кэВ. Максимальная скорость счета была 30 000 в секунду. Для мониторинга интенсивности пучка была использована ионная камера. Овальная размер пятна луча на образце составляла 0,7 мм по вертикали и 1 мм в поперечнике. 24 точки были отсканированы по одному меридиану руку (образец 1, как показано на рисунке 1). Мы просмотрели область вокруг точки акупунктуры, чтобы определить изменения в содержании металла в окрестности каждой точки акупунктуры. Омечены семь точек вдоль меридиана и четыре очка, перпендикулярные к ней для образца 2, пять точек вдоль меридиана и три очка, перпендикулярные к ней для образца 3 и семь точек вдоль меридиана и две точки перпендикулярно к ней для образца 4. Разделение точек, параллельных меридиану 1 мм и 1,4 мм перпендикулярно к меридиану.

***Рисунок 2.** Расположение акупунктурных точек Jianshi и Ximen. Jianshi и Ximen находятся на 3/12 (3 цуня) и 5/12 (5 цуней) расстояния от запястья до локтя соответственно, в предплечье.*

***Рисунок 3.** Рисунок-схема голени с двумя акупунктурными точками Tiaokou и Xiajuxi. Образцы 2, 3 и 4 ткани, с участием Tiaokou, Xiajuxi и не Асирpoint, расположенными в 8/16 (8 цунней), 7/16 (7 цуней) и 6/16 (6 цуней) расстояния от лодыжки до колена соответственно.*

***Рисунок 4.** SXRf спектры от Асирpoint Jianshi (сплошная линия) и окружающих тканей выхода из Jianshi (пунктирная линия).*

***Рисунок 5.** SXRf спектры от Асирpoint Tiaokou (сплошная линия) и окружающих тканей выхода из Tiaokou (пунктирная линия).*

3. Результаты и обсуждение

Интенсивность флуоресценции и содержание Са были почти в 20 раз выше в Jianshi точка акупунктуры и почти в 10 раз выше в Tiaokou и Xiajuxi акупунктурных точках.

Для других трех микроэлементов - Fe, Cu и Zn, интегральная интенсивность от Zn была самой высокой, затем от Fe и Cu. Цифрами 4-6 показаны спектры, полученные от и в непосредственной близости от Jianshi, Tiaokou и Xiajuxi акупунктурных точек.

Параметр Qi был взят равным 0.45, 0.33 и 0.48 для Cu, Fe и Zn соответственно (Vaughan 1986, Краузе 1979, S ims,ek др, 2000). Было подсчитано, что

отношения концентраций Cu, Fe и Zn ($C_{Cu}:C_{Fe}:C_{Zn}$) в области точек акупунктуры примерно 1: 3,7: 4,3 с относительной погрешностью 0,17% при Jianshi, 1: 3.3: 17.5 с относительной погрешностью 0,37% в т. Tiaokou и 1: 3,5: 17,9 с относительной погрешностью 0,14% в т. Xiajuxu, соответственно. Концентрации Zn были разные в Jianshi, Tiaokou и Xiajuxu акупунктурных точек, но отношения концентраций Cu и Fe на всех трех точках были примерно то же самое. Соотношение между концентрациями Cu и Fe, может быть важной характеристикой акупунктурных точек, так как в окружающих тканях не было обнаружено фиксированного отношения для этих элементов. Интенсивность люминесценции связана с положением вдоль меридиана, как показано на рисунке 7. Излучение от точки акупунктуры Ximen очень слабое. Это может быть связано с более низкими концентрациями элементов в данных точках, однако причина низкой концентрации до сих пор не известна. За исключением Ximen, их содержание очевидно выше, чем в окружающих тканях и имеются четкие соотношения концентраций Cu и Fe в Jianshi, Tiaokou и Xiajuxu.

Рисунок 6. SXRF спектры от Асирpoint Xiajuxu (сплошная линия) и окружающих тканей выхода из Xiajuxu (пунктирная линия).

Из полученных спектров образцов 2 и 3 вдоль линий, параллельных меридиану, было обнаружено, что сами по себе линии меридиана имели значительно более высокие содержания четырех металлов, которые постепенно увеличивают до максимума, совпадающей с точкой акупунктуры. Полная ширина на полувысоте (FWHM) - приблизительно 8 мм для образца 2 и 6 мм для образца 3, которая совпадает с эффективным размером точки акупунктуры. Принимая максимум в центре точки акупунктуры, были сопоставлены флуоресцентные интенсивности в направлениях, параллельных и перпендикулярных меридиану. Установлено, что вне точки акупунктуры не было никакого фиксированного соотношения между содержанием четырех металлов, в отличие от основных соотношений, обнаруженных в самих точках. Кроме того, существуют различные тенденции в соотношении снижения элементного содержания $((N_{center} - N) / N_{center}) \times 100\%$ в меридиане и перпендикулярно к нему (где N_{center} - интегральная интенсивность в центре точки акупунктуры и N интенсивность в любой соседней точке). Коэффициенты приведены в процентах в таблице 1. Неопределенность интегральных флуоресцентных интенсивностей, рассчитанная с помощью Axil, также приведена. Неопределенность для Cu большая из-за ее очень низкого содержания. Показанные точки смещены относительно точки акупунктуры на 2 мм вдоль меридиана и 1,4 мм в перпендикулярном направлении. В меридиональном направлении, отношение уменьшилось меньше, чем в перпендикулярном направлении. Эти данные позволяют предположить, что акупунктурные точки эллиптические с большой осью, параллельной меридиану.

Рисунок 7. Содержание **Ca, Cu, Fe, Zn** по сравнению с положением вдоль меридиана, где две акупунктурные точки *Jianshi* и *Ximen* расположены на образце 1.

Таблица 1. Соотношение уменьшения $((N_{center} - N) / N_{center}) \times 100\%$ **Ca, Fe, Cu** и **Zn** в точке 2 мм от центра *Xiajuxi* и *Tiaokou* вдоль меридиана и 1,4 мм от центра в двух точках акупунктуры в направлении, перпендикулярном к меридиану.

4. Выводы

Используя синхротронную рентгенофлуоресценцию, мы определили, что содержание **Ca, Fe, Cu** и **Zn** значительно выше в трех из четырех рассмотренных точках акупунктуры чем в их окружающей ткани, с близко подобными соотношениями **Cu** и **Fe** в точках *Jianshi*, *Tiaokou* и *Xiajuxi*, но не *Ximen*. Эти элементы могут иметь важное значение в функции иглоукалывания. Предположительно каждая точка акупунктуры эллиптической формы с длинной осью вдоль меридиана.

Подтверждение

Работа выполнена при поддержке Национальной Программы фундаментальных исследований Китая (№ 2006CB504509) и Ключевого Проекта Государственной программы Национального фонда естественных наук Китая (грант № 10635060.). Международные этические принципы биомедицинских исследований с участием человека в качестве субъекта будут соблюдаться в нашем исследовании.