

Министерство науки и образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

Национальный исследовательский университет ИТМО

Мегафакультет трансляционных информационных технологий

Факультет информационных технологий и программирования

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

По дисциплине «Введение в цифровую культуру и программирование»

Исправление ошибок

Выполнил Круглов Георгий Николаевич
(Фамилия Имя Отчество)

Проверила Страдина Марина Владимировна
(Фамилия Имя Отчество)

Санкт-Петербург, 2020 г.

Исправление ошибок

Задание на лабораторную работу.....	3
Исходный текст	3
Программный код	8
Первичные расчёты	13
Вторичные расчёты	14
Исправленный текст	15

ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

1. Предобработка текста
 - Разделить текст на слова
 - Удалить знаки препинания
 - Перевести буквы в строчные
2. Провести первичные расчёты
3. Найти и исправить ошибки
4. Провести повторные расчеты
5. Вывести потенциальные ошибки

ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ

Мозжечок и базальные ганглии

Начиная с XVII века ученые всерьез взялись за исследование клеток, появились микроскопы. Оказалось, что все наши ткани и органы состоят из клеточных структур разных размеров, разной формы. Но с мозгом некоторое время были проблемы. Чтобы рассмотреть орган в микроскоп, нужно приготовить тонкий срез. Мозг — очень мягкая структура, и если его резать, то все мнется, получается непонятная каша. В XVIII веке подозревали, что все устроено из клеток, а мозг какой-то не такой.

И только в 1837 году чешский ученый Ян Пуркинье сумел разглядеть в мозге клетки. С этого момента мы понимаем, что нервная система устроена по вполне стандартным принципам. Клетки, которые увидел Пуркинье, — это клетки мозжечка. Более того, это клетки коры мозжечка, очень крупные, чудесные клетки с потрясающими дендритами. Потом благодарное человечество назвало эти клетки в честь первооткрывателя, и они сейчас известны как клетки Пуркинье.

Клетки Пуркинье — самая известная конструкция внутри мозжечка. Но мозжечок состоит из огромного количества клеток и они очень разнообразны. Впечатляет то, что мозжечок, который занимает где-то 10% объема нашего мозга, вмещает почти половину нервных клеток. То есть это очень густонаселенная структура, которая важна, прежде всего, для управления движениями.

Если мы смотрим на анатомию мозжечка, то есть на его макроструктуру, мы видим, что он состоит из двух полушарий и центральной части, которая называется червь.

Мозжечок находится в самой задней доле нашего черепа. То есть если поставить палец на череп и вести вниз, мозжечок там, где начинаются мышцы. Он расположен под затылочными долями коры больших полушарий. Если рассматривать макроанатомию мозга, мозжечок относится к заднему мозгу и расположен над продолговатым мозгом и мостом. Под мозжечком находится особая полость, которая называется четвертый желудочек.

Мозжечок соединяется с другими мозговыми структурами и формирует пучки аксонов, которые называются ножки мозжечка. Этих ножек три пары. Обычно на лекциях я говорю, что у таракана шесть ножек и у мозжечка тоже шесть ножек.

Передние ножки мозжечка идут в средний мозг. Средние ножки, самые крупные, идут в мост. Мост — это структура, которая очень активно обменивается информацией с мозжечком. И задние ножки идут в продолговатый мозг.

Очень активно изучается кора мозжечка — поверхностное серое вещество. Кроме коры в состав мозжечка входят белое вещество и ядра. Ядра — это скопления серого вещества в глубине мозжечка. То есть получается: кора, белое вещество, ядра.

Термин «кора» используется в анатомии мозга всего два раза. Один раз, когда мы говорим о коре мозжечка. И второй раз, когда говорим о коре больших полушарий. Чтобы некая структура имела право называться корой, она должна быть особо устроена. Нервные клетки должны образовывать там строгие слои. Для мозжечка это как раз очень характерно. Кора мозжечка состоит из трех слоев. Клетки Пуркинье находятся в среднем слое мозжечка, который называется ганглионарный или ганглиозный. Над средним слоем мозжечка находится молекулярный слой, а ниже зернистый слой. В молекулярном слое и в зернистом слое различные типы клеток, но наиболее знамениты клетки Пуркинье. Это великолепные огромные нейроны с потрясающим дендритным деревом, которое мощно ветвится. Как говорят анатомы, в ростро-каудальном, то есть в передне-заднем направлении. Это дерево дендритов клеток Пуркинье — это зона, где формируется и сохраняется наша двигательная память, то есть память о тех движениях, которые мы совершаем и которые мы учимся совершать все лучше по мере двигательного обучения.

Если смотреть на то, как мозжечок появляется в ходе эволюции, то мы видим, что он делится на древнюю, старую и новую части. Это деление «древняя — старая — новая» довольно часто встречается, когда мы говорим об анатомии мозга. Древние структуры — это, как правило, структуры, которые есть уже у рыб.

Старые структуры возникают в тот момент, когда рыбы выходят на сушу и

становятся четвероногими. Многие функции старых структур мозга связаны с управлением конечностями. Новые структуры — это то, что характерно уже для теплокровных, для птиц, для млекопитающих. Если мы смотрим на мозжечок, то мы видим, что к так называемым древним структурам, которые хорошо развиты уже у рыб, относятся червь и те ядра, которые находятся под червем — это так называемые ядра шатра.

Зона червя отвечает за самые древние, изначальные движения. Например, чтобы наши вестибулярные рефлексы были качественными, точными. Еще эта зона связана с движениями глаз. То есть это изначальные двигательные программы.

Если мы пойдем от червя наружу, то внутренняя часть полушарий — это зона старого мозжечка. Под этой зоной, под старой корой мозжечка находятся так называемые промежуточные ядра мозжечка. Весь этот комплекс отвечает за локомоцию. Локомоция — это перемещение в пространстве: ходьба, бег, а у птиц — полёт. То есть локомоция связана с появлением конечностей в ходе эволюции и в основном заключается в ритмичном сближении-разгибании конечностей. И мозжечок играет, конечно, огромную роль в управлении моторными движениями.

Самая наружная часть мозжечка — новая часть мозжечка. Она связана с автоматизацией и запоминанием произвольных движений. То есть тех движений, которые изначально запускает кора больших полушарий — движений, которые для нас новые, проходят под сознательным контролем. Наиболее известный тип движений для человека — это тонкая моторика пальцев. Когда мы учимся писать, играть на музыкальных инструментах, любая тонкая моторика — это обучение наружной новой коры мозжечка и связанных с ней ядер. Эти ядра называются зубчатые ядра мозжечка и находятся в глубине мозжечковой структуры.

Чтобы реализовать свои функции, древний, старый и новый мозжечок должны получать входные сенсорные сигналы. У древнего мозжечка это вестибулярная информация, которая поступает от вестибулярных ядер восьмого нерва и из зоны продолговатого мозга и моста.

Для старой части мозжечка это информация, которую поставляет спинной мозг. Чтобы управлять локомоцией, нужно знать, насколько напряжены мышцы, насколько согнуты различные суставы. Этот тип чувствительности он называется мышечная чувствительность или проприорецепция, и эту информацию собирают задние рога серого вещества спинного мозга. Дальше в этих самых рогах начинаются аксоны, которые выходят в белое вещество спинного мозга и поднимаются в мозжечок. Мозжечок знает, в

каком положении находится каждый сустав, каждая мышца. Это так называемые спинномозжечковые тракты. Они очень важны для управления локомоцией.

Для новой части мозжечка основные входные сигналы — это те сигналы, которые идут сверху, из коры больших полушарий. Когда мы выполняем какие-то произвольные движения, мозжечок получает как бы копию этих двигательных программ и запоминает их.

Клетки Пуркинье действительно являются ключевой структурой мозжечка. В свое время было удивительно узнать, что эти клетки в качестве медиатора используют не возбуждающий медиатор, не глутамат, глутаминовую кислоту, а тормозной медиатор – гамма-аминомасляную кислоту. Главные клетки мозжечка не передают сигнал, а подтормаживают его. Сейчас мы понимаем, что для запуска двигательных программ необходимо, чтобы сигнал прошел через ядра мозжечка. То есть активационный сигнал движется через ядра мозжечка. Но чтобы мы не совершали каких-то лишних, ненужных, неконтролируемых движений, над ядрами мозжечка стоят клетки Пуркинье, которые все время выделяют гамма-аминомасляную кислоту и заливают этим тормозным медиатором ядра. И движения нет, мы сидим спокойно, не двигаемся.

В тот момент, когда нужно запустить движения, другие клетки мозжечка, например, находящиеся в молекулярном слое звездчатые клетки, корзинчатые клетки, очень точно подтормаживают клетки Пуркинье. Тормозная завеса, которую образуют клетки Пуркинье над ядрами мозжечка, снимается, и быстренько выполняется некое движение. А потом вновь восстанавливается тормозная завеса, чтобы посторонних лишних движений не было.

Поэтому когда мозжечок повреждается, патология проявляется не в форме исчезновения движений. Наоборот, движения становятся слишком сильными и неточными, потому что тормозное воздействие клеток Пуркинье, моторный контроль, слабеет. Когда повреждается древняя часть мозжечка, возникают проблемы с поддержанием равновесия. Когда повреждается старая часть мозжечка сгибательно-разгибательные движения становятся избыточно сильными и неточными. Всем известная пальценосовая проба рассчитана на тестирование состояния старой части мозжечка. Когда повреждается новая часть мозжечка, драматически ухудшается почерк и нарушаются другие тонкие двигательные навыки.

Кроме мозжечка за двигательное обучение и формирование двигательной памяти отвечает еще одна очень важная зона нашего мозга, так называемые базальные ганглии

больших полушарий. Базальные ганглии находятся в глубине больших полушарий и представляют из себя значительное скопление серого вещества. Большие полушария снаружи покрыты корой. Под ними расположено белое вещество, а еще ниже — базальные ганглии.

Это довольно трудное скопление нейронов, которое по объему не уступает мозжечку. В состав базальных ганглиев входят многочисленные структуры, такие как хвостатое ядро, скорлупа, бледный шар, ограда, миндалина, *nucleus accumbens*. Все эти структуры активно изучаются и очень известны в узких кругах нейрофизиологов.

Базальные ганглии — это еще одна область, которая отвечает за двигательное обучение. Причем они довольно четко делят функции с мозжечком. Мозжечок запоминает конкретные параметры конкретных движений. А базальные ганглии запоминают уже цепочки движений, комплексы движений. Если вы учитесь танцевать и научились делать какой-то красивый жест — это мозжечок. Но если вы в целом выучили танец и запомнили, как одно движение переходит в другое, то это уже базальные ганглии. Поэтому функция базальных ганглиев еще сложнее, чем функция мозжечка, а в ходе эволюции они возникают существенно позже.

Что интересно, идея торможения лишних движений и создания некой тормозной завесы, чтобы не возникали какие-то посторонние, ненужные реакции, реализована и для базальных ганглиев. Ключевая структура базальных ганглиев, которая называется бледный шар, содержит клетки, очень похожие на клетки Пуркинье. Это точно такие же крупные замковые клетки, которые все время выделяют тормозный медиатор, идущий в таламус. Благодаря этой тормозной завесе таламус не генерирует лишние двигательные программы. Если нужно запустить движение, то клетки бледного шара тормозятся нейронами хвостатого ядра и двигательная программа все-таки запускается. Поэтому если повреждаются базальные ганглии, эффекты выглядят совершенно не так, как эффекты мозжечка.

При повреждениях базальных ганглиев либо движения вообще не запускаются, двигательные программы не запускаются, либо базальные ганглии начинают по собственному почину запускать патологические программы. Например, возникает дрожание или то, что называется ригидность — мышечное напряжение. Эти симптомы характерны для паркинсонизма, поскольку черная субстанция, которая содержит дофаминовые нейроны, постоянно воздействует на хвостатое ядро, на скорлупу, то есть на ключевые структуры базальных ганглиев, и регулирует их тонус, и значит в принципе

уровень нашей двигательной активности, а еще эмоций, которые связаны с движениями.

В тяжелых случаях, когда с базальными ганглиями что-то совсем не так и когда они самостоятельно начинают запускать двигательные программы, возникают патологии, которые называются хорей и атетозы. В этом случае, например, у человека самопроизвольно двигается рука. В случае атетоза возникают медленные скручивающиеся движения. А в случае хореи — быстрые высокоамплитудные движения. Наиболее известный вариант хореи — это хорея Гентингтона, которая развивается по тем же принципам, что и другие нейродегенеративные заболевания, когда в клетках базальных ганглиев, прежде всего в хвостатом ядре, в скорлупе накапливаются патологические белки, эти белки нарушают работу нервных клеток. В итоге разрушается сначала двигательная сфера поведения человека, а потом вся его психическая деятельность.

ПРОГРАММНЫЙ КОД

```
from collections import Counter

def editorial_distance(str1, str2):          # редакторское расстояние
    length1 = len(str1)
    length2 = len(str2)
    editor = range(0, length1 + 1)
    for i in range(1, length2 + 1):
        prev = editor
        editor = [i] + [0] * length1
        for j in range(1, length1 + 1):
            ch = prev[j - 1]
            add = prev[j] + 1
            d = editor[j - 1] + 1
            if str1[j - 1] != str2[i - 1]:
                ch += 1
            editor[j] = min(ch, add, d)
    return editor[length1]

def insert_char(str1, ch, idx):             # изменить слово добавлением символа
    if idx >= len(str1):
        result = str1 + ch
        return result
    result = ''
    i = 0
    while i < len(str1):
        if i == idx:
            result += ch
            result += str1[i]
            i += 1
        else:
            result += str1[i]
            i += 1
    return result

def resize_char_to_capital(str1, idx):     # изменить строчную букву на заглавную
    result = ''
    for i in range(len(str1)):
        if i == idx:
            result += str1[i].upper()
        else:
```



```

        result += str1[i]
    return result

text_file = open("input_text1.txt", "r", encoding="MacCyrillic")
dict_file = open("dict1.txt", "r", encoding="MacCyrillic")
fout = open("corrected_text.txt", "w")
text = text_file.read()
text_copy = text
text = text.replace(".", "")
text = text.replace(",", "")
text = text.replace("?", "")
text = text.replace("!", "")
text = text.replace(":", "")
text = text.replace("; ", "")
text = text.replace("(", "")
text = text.replace(")", "")
text = text.replace(">", "")
text = text.replace("<", "")
text = text.replace("{", "")
text = text.replace("}", "")
text = text.replace("-", "")
text = text.replace("_", "")
text = text.lower()
text_list = text.split()
frequency = Counter(text_list)
print("Количество словоформ: ", len(text.split())) # вывод количества словоформ
print("Количество разных словоформ: ", len(frequency)) # вывод количества разных
словоформ

key = []
value = []
for string in dict_file:
    a, b = string.replace("\n", "").split(' ')
    key.append(a)
    value.append(b)
dict_of_dict = {key[i]: value[i] for i in range(len(key))}
text_el = {str1: frequency[str1] for str1 in frequency if str1 in dict_of_dict}
print("Количество разных словоформ, присутствующих в словаре: ", len(text_el))
print("Количество разных словоформ, отсутствующих в словаре: ", len(frequency) -
len(text_el))

words_not_in_dict = [] # массив слов, которых нет в словаре
for word in text_list:
    if word not in dict_of_dict:
        words_not_in_dict.append(word)
print("Словоформы, отсутствующие в словаре: ", end='')
print(*words_not_in_dict, sep=", ")
print('\n')

corrected_words_1 = {} # массив слов, которых нет в словаре, которые можно исправить
за 1 операцию
for word in words_not_in_dict:
    for i in range(1, len(word)):
        if word[0:i] in dict_of_dict.keys() and word[i:len(word)] in dict_of_dict.keys():
            temp = corrected_words_1.get(word, [])
            if len(temp) == 0:
                corrected_words_1[word] = [word[0:i], word[i:len(word)]]
            elif (frequency[word[0:i]] + frequency[word[i:len(word)]] >
(frequency[temp[0]] + frequency[temp[1]]):
                corrected_words_1[word][0] = word[0:i]
                corrected_words_1[word][1] = word[i:len(word)]
    for ch in dict_of_dict.keys():
        if editorial_distance(word, ch) == 1:
            temp = corrected_words_1.get(word, [])
            if len(temp) == 0:
                corrected_words_1[word] = [ch]
            elif len(temp) == 1:
                if frequency[ch] > frequency[temp[0]]:
                    corrected_words_1[word][0] = ch
            elif len(temp) == 2:

```

Исправление ошибок

```

        if frequency[ch] > (frequency[temp[0]] + frequency[temp[1]]):
            corrected_words_1[word] = [ch]

uncorrected_words_1 = []      # массив слов, которых нет в словаре, которые нельзя исправить
                              # за 1 операцию
for word in words_not_in_dict:
    if word not in corrected_words_1.keys():
        uncorrected_words_1.append(word)

corrected_words_2 = {}       # массив слов, которых нет в словаре, которые можно исправить
                              # за 2 операции
for word in uncorrected_words_1:
    for i in range(1, len(word)):
        for ch in dict_of_dict.keys():
            if word[0:i] in dict_of_dict.keys() and editorial_distance(word[i:len(word)],
ch) == 1:
                temp = corrected_words_2.get(word, [])
                if len(temp) == 0:
                    corrected_words_2[word] = [word[0:i], ch]
                elif (frequency[word[0:i]] + frequency[ch]) > (frequency[temp[0]] +
frequency[temp[1]]):
                    corrected_words_2[word][0] = word[0:i]
                    corrected_words_2[word][1] = ch
                elif editorial_distance(word[0:i], ch) == 1 and word[i:len(word)] in
dict_of_dict.keys():
                    temp = corrected_words_2.get(word, [])
                    if len(temp) == 0:
                        corrected_words_2[word] = [ch, word[i:len(word)]]
                    elif (frequency[ch] + frequency[word[i:len(word)]]) > (frequency[temp[0]] +
frequency[temp[1]]):
                        corrected_words_2[word][0] = ch
                        corrected_words_2[word][1] = word[i:len(word)]
            for ch in dict_of_dict.keys():
                if editorial_distance(word, ch) == 2:
                    temp = corrected_words_2.get(word, [])
                    if len(temp) == 0:
                        corrected_words_2[word] = [ch]
                    elif len(temp) == 1:
                        if frequency[ch] > frequency[temp[0]]:
                            corrected_words_2[0] = ch
                    elif len(temp) == 2:
                        if frequency[ch] > (frequency[temp[0]] + frequency[temp[1]]):
                            corrected_words_2 = [ch]

uncorrected_words_2 = []      # массив слов, которых нет в словаре, которые нельзя исправить
                              # за 1 или 2 операции
for word in uncorrected_words_1:
    if word not in corrected_words_2.keys():
        uncorrected_words_2.append(word)

print("Слова исправлены следующим образом:\n")
for word in corrected_words_1.keys():
    print(word, '-', *corrected_words_1[word], '- 1')
print('')
for word in corrected_words_2.keys():
    print(word, '-', *corrected_words_2[word], '- 2')
print('')
for word in uncorrected_words_2:
    print(word, '-', "не найдено", '- >2')

text_copy_list = text_copy.split('\n')      # разбиение исходного текста на массив строк
text_result = ""
for string in text_copy_list:
    string_list = string.replace('\n', '').split()
    for word in string_list:
        dict_ch = {}
        for ch in range(len(word)):
            if (word[ch] == '?') or (word[ch] == '!') or (word[ch] == '(') or (word[ch] ==
')') or (
                word[ch] == ':') or (word[ch] == ';') or (word[ch] == '.') or (word[ch]
== ',') or (

```

Исправление ошибок

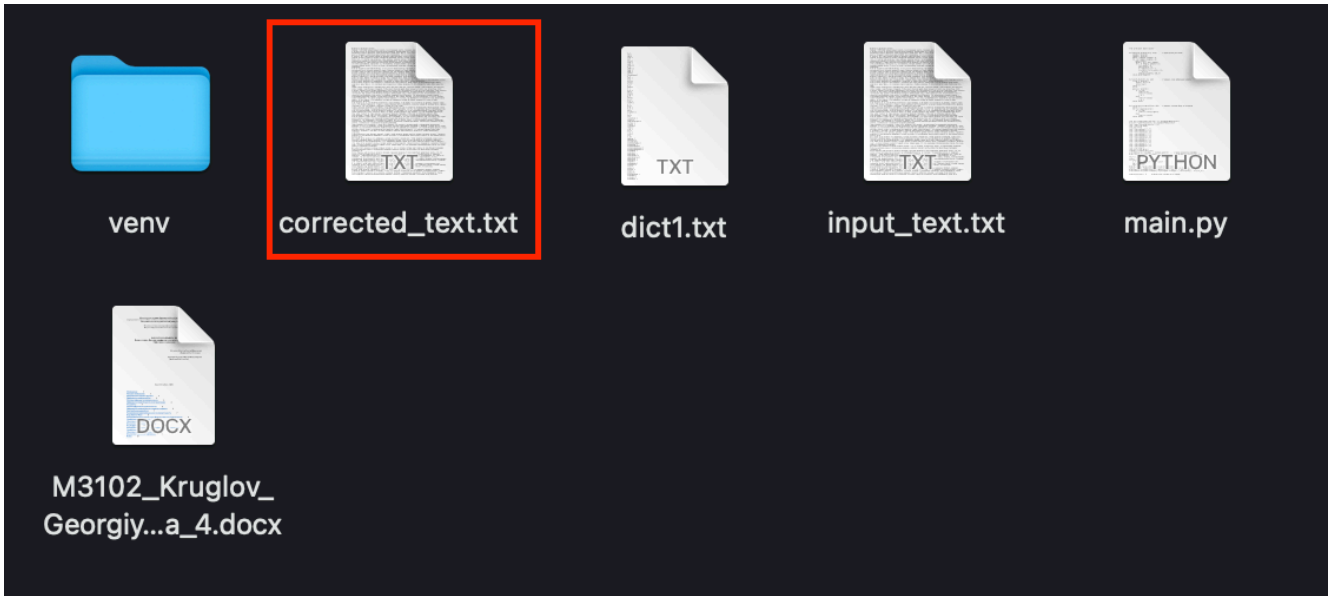
```

        word[ch] == '<') or (word[ch] == '>') or (word[ch] == '}') or (word[ch]
== '{'):
    dict_ch[word[ch]] = dict_ch.get(word[ch], [])
    dict_ch[word[ch]].append(ch)
    elif ord(word[ch]) >= 1040 and ord(word[ch]) <= 1071: # диапазон заглавных
русских букв в таблице ASCII
        dict_ch['Upper'] = dict_ch.get('Upper', [])
        dict_ch['Upper'].append(ch)
word = word.lower()
word = word.replace("?", "")
word = word.replace("!", "")
word = word.replace(">", "")
word = word.replace("<", "")
word = word.replace(":", "")
word = word.replace("; ", "")
word = word.replace(", ", "")
word = word.replace(".", "")
word = word.replace("(", "")
word = word.replace(")", "")
word = word.replace("}", "")
word = word.replace("{", "")
if word in corrected_words_1.keys():
    final_word = ''
    for i in range(len(corrected_words_1[word])):
        if i == 0:
            final_word = corrected_words_1[word][i] + ' '
        else:
            final_word = final_word + corrected_words_1[word][i]
    for ch in dict_ch.keys():
        if ch != 'Upper':
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = insert_char(final_word, ch, pos)
        else:
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = resize_char_to_capital(final_word, pos)
    text_result += final_word + ' '
elif word in corrected_words_2.keys():
    final_word = ''
    for i in range(len(corrected_words_2[word])):
        if i == 0:
            final_word = corrected_words_2[word][i] + ' '
        else:
            final_word = final_word + corrected_words_2[word][i]
    for ch in dict_ch.keys():
        if ch != 'Upper':
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = insert_char(final_word, ch, pos)
        else:
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = resize_char_to_capital(final_word, pos)
    text_result = text_result + final_word + ' '
else:
    final_word = word
    for ch in dict_ch.keys():
        if ch != 'Upper':
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = insert_char(final_word, ch, pos)
        else:
            for pos in dict_ch[ch]:
                final_word = resize_char_to_capital(final_word, pos)
    text_result += final_word + ' '
text_result = text_result[0:len(text_result) - 1] + '\n'
fout.write(text_result)

```

Исправление ошибок

В результате работы программы, исправленный текст выводится в файл "corrected_text.txt"



ПЕРВИЧНЫЕ РАСЧЁТЫ

Количество словоформ: 1635

Количество разных словоформ: 776

Количество разных словоформ, присутствующих в словаре: 769

Количество разных словоформ, отсутствующих в словаре: 7

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОШИБКИ:

1. первоотрывателя – первооткрывателя - 1
2. ганглонарный – ганглионарный - 1
3. сбигании-разгибании – сгибании-разгибании - 2
4. вещество – вещь - 1
5. крупные – большие - 2
6. замковые – гамковые - 1
7. супстанция – субстанция - 1

ВТОРИЧНЫЕ РАСЧЁТЫ

Количество словоформ: 1635

Количество разных словоформ: 774

Количество разных словоформ, присутствующих в словаре: 774

Количество разных словоформ, отсутствующих в словаре: 0

ИСПРАВЛЕННЫЙ ТЕКСТ

Мозжечок и базальные ганглии

Начиная с xvii века ученые всерьез взялись за исследование клеток, появились микроскопы. Оказалось, что все наши ткани и органы состоят из клеточных структур разных размеров, разной формы. Но с мозгом некоторое время были проблемы. Чтобы рассмотреть орган в микроскоп, нужно приготовить тонкий срез. Мозг и очень мягкая структура, и если его резать, то все мнется, получается непонятная каша. В xviii веке подозревали, что все устроено из клеток, а мозг какой-то не такой.

И только в 1837 году чешский ученый Ян Пуркинье сумел разглядеть в мозге клетки. с этого момента мы понимаем, что нервная система устроена по вполне стандартным принципам. Клетки, которые увидел Пуркинье, и это клетки мозжечка. Более того, это клетки коры мозжечка, очень крупные, чудесные клетки с потрясающими дендритами. Потом благодарное человечество назвало эти клетки в честь первооткрывателя, и они сейчас известны как клетки Пуркинье.

Клетки Пуркинье и самая известная конструкция внутри мозжечка. Но мозжечок состоит из огромного количества клеток и они очень разнообразны. Впечатляет то, что мозжечок, который занимает где-то 10% объема нашего мозга, вмещает почти половину нервных клеток. То есть это очень густонаселенная структура, которая важна, прежде всего, для управления движениями.

Если мы смотрим на анатомию мозжечка, то есть на его макроструктуру, мы видим, что он состоит из двух полушарий и центральной части, которая называется червь. Мозжечок находится в самой задней доле нашего черепа. То есть если поставить палец на череп и вести вниз, мозжечок там, где начинаются мышцы. Он расположен под затылочными долями коры больших полушарий. Если рассматривать макроанатомию мозга, мозжечок относится к заднему мозгу и расположен над продолговатым мозгом и мостом. Под мозжечком находится особая полость, которая называется четвертый желудочек.

Мозжечок соединяется с другими мозговыми структурами и формирует пучки аксонов, которые называются ножки мозжечка. Этих ножек три пары. Обычно на лекциях я говорю, что у таракана шесть ножек и у мозжечка тоже шесть ножек.

Передние ножки мозжечка идут в средний мозг. Средние ножки, самые крупные, идут в мост. Мост и это структура, которая очень активно обменивается информацией с

мозжечком. И задние ножки идут в продолговатый мозг.

Очень активно изучается кора мозжечка и поверхностное серое вещество. Кроме коры в состав мозжечка входят белое вещество и ядра. Ядра и это скопления серого вещества в глубине мозжечка. То есть получается: кора, белое вещество, ядра.

Термин «кора» используется в анатомии мозга всего два раза. Один раз, когда мы говорим о коре мозжечка. И второй раз, когда говорим о коре больших полушарий. Чтобы некая структура имела право называться корой, она должна быть особо устроена. Нервные клетки должны образовывать там строгие слои. Для мозжечка это как раз очень характерно. Кора мозжечка состоит из трех слоев. Клетки Пуркинье находятся в среднем слое мозжечка, который называется ганглионарный или ганглиозный. Над средним слоем мозжечка находится молекулярный слой, а ниже зернистый слой. В молекулярном слое и в зернистом слое различные типы клеток, но наиболее знамениты клетки Пуркинье. Это великолепные огромные нейроны с потрясающим дендритным деревом, которое мощно ветвится. Как говорят анатомы, в росто-каудальном, то есть в передне-заднем направлении. Это дерево дендритов клеток Пуркинье и это зона, где формируется и сохраняется наша двигательная память, то есть память о тех движениях, которые мы совершаем и которые мы учимся совершать все лучше по мере двигательного обучения.

Если смотреть на то, как мозжечок появляется в ходе эволюции, то мы видим, что он делится на древнюю, старую и новую части. Это деление «древняя и старая и новая» довольно часто встречается, когда мы говорим об анатомии мозга. Древние структуры и это, как правило, структуры, которые есть уже у рыб.

Старые структуры возникают в тот момент, когда рыбы выходят на сушу и становятся четвероногими. Многие функции старых структур мозга связаны с управлением конечностями. Новые структуры и это то, что характерно уже для теплокровных, для птиц, для млекопитающих. Если мы смотрим на мозжечок, то мы видим, что к так называемым древним структурам, которые хорошо развиты уже у рыб, относятся червь и те ядра, которые находятся под червем и это так называемые ядра шатра.

Зона червя отвечает за самые древние, изначальные движения. Например, чтобы наши вестибулярные рефлексы были качественными, точными. Еще эта зона связана с движениями глаз. То есть это изначальные двигательные программы.

Если мы пойдем от червя наружу, то внутренняя часть полушарий и это зона старого мозжечка. Под этой зоной, под старой корой мозжечка находятся так называемые промежуточные ядра мозжечка. Весь этот комплекс отвечает за локомоцию. Локомоция и

это перемещение в пространстве: ходьба, бег, а у птиц и полёт. То есть локомоция связана с появлением конечностей в ходе эволюции и в основном заключается в ритмичном сгибании-разгибании конечностей. И мозжечок играет, конечно, огромную роль в управлении моторными движениями.

Самая наружная часть мозжечка и новая часть мозжечка. Она связана с автоматизацией и запоминанием произвольных движений. То есть тех движений, которые изначально запускает кора больших полушарий и движений, которые для нас новые, проходят под сознательным контролем. Наиболее известный тип движений для человека и это тонкая моторика пальцев. Когда мы учимся писать, играть на музыкальных инструментах, любая тонкая моторика и это обучение наружной новой коры мозжечка и связанных с ней ядер. Эти ядра называются зубчатые ядра мозжечка и находятся в глубине мозжечковой структуры.

Чтобы реализовать свои функции, древний, старый и новый мозжечок должны получать входные сенсорные сигналы. У древнего мозжечка это вестибулярная информация, которая поступает от вестибулярных ядер восьмого нерва и из зоны продолговатого мозга и моста.

Для старой части мозжечка это информация, которую поставляет спинной мозг. Чтобы управлять локомоцией, нужно знать, насколько напряжены мышцы, насколько согнуты различные суставы. Этот тип чувствительности он называется мышечная чувствительность или проприорецепция, и эту информацию собирают задние рога серого вещества спинного мозга. Дальше в этих самых рогах начинаются аксоны, которые выходят в белое вещество спинного мозга и поднимаются в мозжечок. Мозжечок знает, в каком положении находится каждый сустав, каждая мышца. Это так называемые спинномозжечковые тракты. Они очень важны для управления локомоцией.

Для новой части мозжечка основные входные сигналы и это те сигналы, которые идут сверху, из коры больших полушарий. Когда мы выполняем какие-то произвольные движения, мозжечок получает как бы копию этих двигательных программ и запоминает их.

Клетки Пуркинье действительно являются ключевой структурой мозжечка. В свое время было удивительно узнать, что эти клетки в качестве медиатора используют не возбуждающий медиатор, не глутамат, глутаминовую кислоту, а тормозной медиатор и гамма-аминомасляную кислоту. Главные клетки мозжечка не передают сигнал, а подтормаживают его. Сейчас мы понимаем, что для запуска двигательных программ

необходимо, чтобы сигнал прошел через ядра мозжечка. То есть активационный сигнал движется через ядра мозжечка. Но чтобы мы не совершали каких-то лишних, ненужных, неконтролируемых движений, над ядрами мозжечка стоят клетки Пуркинье, которые все время выделяют гамма-аминомасляную кислоту и заливают этим тормозным медиатором ядра. И движения нет, мы сидим спокойно, не двигаемся.

В тот момент, когда нужно запустить движения, другие клетки мозжечка, например, находящиеся в молекулярном слое звездчатые клетки, корзинчатые клетки, очень точно подтормаживают клетки Пуркинье. Тормозная завеса, которую образуют клетки Пуркинье над ядрами мозжечка, снимается, и быстренько выполняется некое движение. А потом вновь восстанавливается тормозная завеса, чтобы посторонних лишних движений не было.

Поэтому когда мозжечок повреждается, патология проявляется не в форме исчезновения движений. Наоборот, движения становятся слишком сильными и неточными, потому что тормозное воздействие клеток Пуркинье, моторный контроль, слабеет. Когда повреждается древняя часть мозжечка, возникают проблемы с поддержанием равновесия. Когда повреждается старая часть мозжечка сгибательно-разгибательные движения становятся избыточно сильными и неточными. Всем известная пальценосовая проба рассчитана на тестирование состояния старой части мозжечка. Когда повреждается новая часть мозжечка, драматически ухудшается почерк и нарушаются другие тонкие двигательные навыки.

Кроме мозжечка за двигательное обучение и формирование двигательной памяти отвечает еще одна очень важная зона нашего мозга, так называемые базальные ганглии больших полушарий. Базальные ганглии находятся в глубине больших полушарий и представляют из себя значительное скопление серого вещества. Большие полушария снаружи покрыты корой. Под ними расположено белое вещество, а еще ниже и базальные ганглии.

Это довольно трудное скопление нейронов, которое по объему не уступает мозжечку. В состав базальных ганглиев входят многочисленные структуры, такие как хвостатое ядро, скорлупа, бледный шар, ограда, миндалина, *nucleus accumbens*. Все эти структуры активно изучаются и очень известны в узких кругах нейрофизиологов.

Базальные ганглии и это еще одна область, которая отвечает за двигательное обучение. Причем они довольно четко делят функции с мозжечком. Мозжечок запоминает конкретные параметры конкретных движений. А базальные ганглии запоминают уже

цепочки движений, комплексы движений. Если вы учитесь танцевать и научились делать какой-то красивый жест и это мозжечок. Но если вы в целом выучили танец и запомнили, как одно движение переходит в другое, то это уже базальные ганглии. Поэтому функция базальных ганглиев еще сложнее, чем функция мозжечка, а в ходе эволюции они возникают существенно позже.

Что интересно, идея торможения лишних движений и создания некой тормозной завесы, чтобы не возникали какие-то посторонние, ненужные реакции, реализована и для базальных ганглиев. Ключевая структура базальных ганглиев, которая называется бледный шар, содержит клетки, очень похожие на клетки Пуркинье. Это точно такие же крупные ганглиозные клетки, которые все время выделяют тормозный медиатор, идущий в таламус. Благодаря этой тормозной завесе таламус не генерирует лишние двигательные программы. Если нужно запустить движение, то клетки бледного шара тормозятся нейронами хвостатого ядра и двигательная программа все-таки запускается. Поэтому если повреждаются базальные ганглии, эффекты выглядят совершенно не так, как эффекты мозжечка.

При повреждениях базальных ганглиев либо движения вообще не запускаются, двигательные программы не запускаются, либо базальные ганглии начинают по собственному почину запускать патологические программы. Например, возникает дрожание или то, что называется ригидность и мышечное напряжение. Эти симптомы характерны для паркинсонизма, поскольку черная субстанция, которая содержит дофаминовые нейроны, постоянно воздействует на хвостатое ядро, на скорлупу, то есть на ключевые структуры базальных ганглиев, и регулирует их тонус, и значит в принципе уровень нашей двигательной активности, а еще эмоций, которые связаны с движениями.

В тяжелых случаях, когда с базальными ганглиями что-то совсем не так и когда они самостоятельно начинают запускать двигательные программы, возникают патологии, которые называются хорей и атетозы. В этом случае, например, у человека самопроизвольно двигается рука. В случае атетоза возникают медленные скручивающиеся движения. А в случае хорей и быстрые высокоамплитудные движения. Наиболее известный вариант хорей и это хорей Гентингтона, которая развивается по тем же принципам, что и другие нейродегенеративные заболевания, когда в клетках базальных ганглиев, прежде всего в хвостатом ядре, в скорлупе накапливаются патологические белки, эти белки нарушают работу нервных клеток. В итоге разрушается сначала двигательная сфера поведения человека, а потом вся его психическая деятельность.