

ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ К АРТЕФАКТАМ ЗАПИСЬ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММ С ПОМОЩЬЮ МИКРО-ЭВМ

С. Г. АДАМЯН, К. Р. АЛЛАХВЕРДОВ, М. Д. МЕЛКОНЯН

Институт физиологии им. Я. А. Орбели АН АрмССР, Ереван

Предлагается метод помехоустойчивой к артефактам записи ЭРГ с использованием алгоритмов селективного усреднения. Производится сравнение различных подходов к распознаванию артефактов при отведении ЭРГ с помощью кожного электрода. Показано, что использование универсальной микро-ЭВМ и эффективных алгоритмов позволяет реализовать метод с помощью надежной и относительно недорогой компьютерной системы

Առաջարկվում է էԷԳ արտեֆակտների խանցարժեքային գրանցման մեթոդ, որն օգտագործում է սելեկտիվ միջինացման ալգորիթմները: Մոշխման էլեկտրոդների օղնաթյամբ էԷԳ-ի արձագանքն ղեկարգում արտեֆակտների հանգաման տարրեր մոտեցումների համեմատությամբ է կատարվում: Ցույց է տրվում, որ ունիվերսալ միկրո-ԷՎՄ-ն և էֆեկտիվ ալգորիթմների օգտագործումը թույլ է տալիս իրականացնել մեթոդը հուսալի և համեմատաբար ոչ բանկարժեք հաշվարկման համակարգերի օղնաթյամբ:

The method is noise protected towards artifacts record of ERG is suggested with the use of algorithms of selective averaging. Different approaches to artifacts recognition are carried out at ERG recording with the help of skin electrode. It is shown, that microcomputer and effective algorithm use allows to increase the systems efficiency and realize this method with the help of reliable computer system.

Электроретинограмма — артефакты — микро-ЭВМ.

Применение метода усреднения вызванных потенциалов сделало возможным появление методики записи ЭРГ с помощью кожных электродов [2, 3], накладываемых на кожу вокруг глаза. К основным достоинствам этого метода необходимо отнести то, что клинические исследования с помощью электродов в виде контактных линз не всегда возможны вследствие раздражения роговицы; в отличие от линзы, кожный электрод практически не причиняет неудобств испытуемому.

Однако при регистрации ЭРГ внероговичными электродами ее амплитуда значительно уменьшается, вследствие чего необходимы специальные методы выделения полезного сигнала [4]. Эффективность методики существенно повышается при использовании специальных методов подавления мышечных артефактов, возникающих при произвольных движениях век и глаз. Для этих целей были предложены специальные схемы подключения электродов [5, 6], которые, однако, не устраняют

Сокращения: ЭРГ—электроретинограмма; ОЗУ—оперативное запоминающее устройство; УУС—устройство управления стимуляцией; АЦП—аналого-цифровой преобразователь; ВЗУ—внешнее запоминающее устройство; ЦАП—цифро-аналоговый преобразователь; УП—устройство печати.

все артефакты. В ранее опубликованной работе [1] для исключения артефактов был предложен метод селективного усреднения, реализованный с помощью специализированной ЭВМ (усреднитель) и аппаратных средств.

В настоящей работе предлагается развитие методики, что становится возможным благодаря использованию микро-ЭВМ, работающей в режиме реального времени и выполняющей как функции усреднения, так и операции цифровой обработки, необходимые для распознавания и исключения артефактов.

Постановка задачи. Рассматриваемый способ усреднения основан на следующей модели представления суммарного потенциала, регистрируемого между активным (накожный) и пассивным электродами. На интервале $[t_k; t_k + T]$

$$u(t - t_k) = e(t - t_k) + n(t - t_k) + s(t - t_k), \quad (1)$$

где t_k —момент предъявления светового стимула ($k = 1, \dots, N$); $e(t)$ —детерминированная составляющая изменения потенциала, закономерно связанная с подачей стимулирующего воздействия; $n(t)$ —стационарная спонтанная активность, статистические характеристики которой не зависят от времени; $s(t)$ —нестационарная помеха, возникающая в связи с неконтролируемыми движениями глаз, век, смаргиванием и т. п.; T —интервал наблюдения ЭРГ, в течение которого потенциал затухает до исходного уровня.

Вводя обозначения $u_k(\tau) = u(t - t_k)$ (аналогично для функции e , n и s), получим выражения для суммированного по k записям потенциала:

$$U_z(\tau) = \sum_{k=1}^N U_k(\tau) = \sum_{k=1}^N e_k(\tau) + \sum_{k=1}^N n_k(\tau) + \sum_{k=1}^N s_k(\tau). \quad (2)$$

где N —количество записей ЭРГ.

В силу определения ЭРГ для любой записи имеем:

$$e_1(\tau) = e_k(\tau); \tau \in [0; T], k = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

и выражение (2) приобретает вид:

$$U_z(\tau) = Ne(\tau) + \sum_{k=1}^N n_k(\tau) + \sum_{k=1}^N s_k(\tau). \quad (4)$$

Исходя из опыта электроэнцефалографических исследований с использованием накожных электродов предполагается, что часть записей не содержит артефактов. Таким образом, основной задачей выделения полезного сигнала ЭРГ $e(\tau)$ становится распознавание «зашумленных» записей и их исключение. Ранее [1] исключение «зашумленных» записей производилось с помощью аппаратных средств; ЭРГ проецировалась на заранее заданный порог, при превышении которого запись считалась негодной. Использование микро-ЭВМ, работающей в реальном масштабе времени, позволяет ввести более универсальные критерии проверки записи.

Распознавание артефактов. Математические методы селективного

усреднения можно разделить на две группы. В первой группе решение относительно годности k -ой записи применяется только на основе анализа функции $U_k(\tau)$; во второй группе решение применяется на основе нескольких записей ЭРГ $U_m(\tau)$, таких, как $m \in k$. Для реализации первой группы методов требуются эффективные алгоритмы распознавания образов, а также подбор эмпирических критериев «нормальной» записи; для второй группы характерно применение более сложных математических методов, таких как корреляционный анализ. Методы второй группы в целом дают более надежные результаты, однако они малоприменимы в случаях большой вероятности появления артефактов: так, при $p_k(s) = 0.5$ и величине артефакта $s_k(\tau)$, сравнимой по амплитуде с полезным сигналом $e(\tau)$, методы корреляционного анализа становятся неэффективными. Кроме того, методы второй группы требуют от ЭВМ значительного объема памяти и быстродействия, затрудняя экспресс-обработку данных; так, метод «трех сигм», при котором вычисляется функция $U_{\Sigma}(\tau)$ и сравнивается с каждой из функций $U_k(\tau)$, $k = 1, 2, \dots, N$, требует в N раз большего объема ОЗУ ЭВМ, чем обычные методы первой группы. Таким образом, как в силу требований к ЭВМ, так и вследствие большой частоты появления мышечных артефактов при записи ЭРГ представляется целесообразным выбор методов первой группы.

Для построения эффективного машинно-реализуемого алгоритма селективного усреднения выполнен анализ ряда характерных записей ЭРГ с целью выявления наиболее важных и информативных признаков артефактов. Проверялись следующие параметры ЭРГ: 1) величины амплитуд сигнала на различных временных интервалах записи ЭРГ; 2) площадь под записываемой кривой, т. е. интеграл от потенциала $U_k(\tau)$; 3) спектральные характеристики ЭРГ; присутствие в частотной характеристике «необычных» спектральных выбросов; 4) величины конечных разностей первого и второго порядка.

В результате анализа была установлена информативность первых двух признаков: при соответствующем подборе параметров вероятность распознавания артефактов приближалась к 0.95. Использовался следующий алгоритм: 1) измеряется значение амплитуды сигнала и в случае превышения заданного порога запись отбрасывается как содержащая артефакт; 2) совместно с записью производится оценка площади под зависимостью $U_k(\tau)$; таким образом, устраняется влияние случайной стационарной помехи $p_k(\tau)$; по окончании записи в ОЗУ микро-ЭВМ содержится два массива размерностью M : значения $U_k(\tau)$, $k = 1, 2, \dots, M$ и массив $\Gamma(i) = \sum_{k=1}^M U_k(\tau)$, $i = 1, 2, \dots, M$, где M — количество отсчетов в одной записи ЭРГ; 3) анализ конечных разностей первого порядка $\Delta(i)$ последовательности $\Gamma(i)$.

Используется тот факт, что мышечный артефакт всегда появляется с некоторым запаздыванием по отношению к моменту предъявления светового стимула. Величина $\Delta(i) = [\Gamma(i+j) - \Gamma(i)] / \Delta t_j$, где Δt_j — время между отсчетами, изменяется на интервале времени $\tau \in [0; 20]$ мс (минимальное время запаздывания артефакта). По величине $\Delta(i)$ на этом интервале определяется порог значения функции $U_k(\tau)$ на интер-

вале $t \in [20; T]$ и при превышении порога запись отбрасывается как содержащая артефакт. Этот этап алгоритма производится после каждой записи ЭРГ в память ЭВМ.

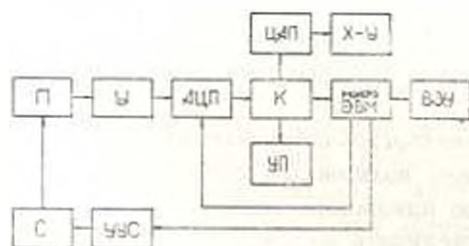
Использование величины $\Delta(i)$ в качестве критерия объясняется тем, что она представляет собой характеристику роста функции $U_k(t)$ и, следовательно, является объективным показателем лабильности сетчатки. На начальных временных интервалах записи ЭРГ $\Delta(i)$ характеризует волну «а» и соответствует быстрой деформации колбочкового аппарата, который способен воспроизводить ритм световой стимуляции частотой порядка 70 Гц, значительно больше, чем палочковый—(до 25—30 Гц).

Система помехоустойчивой записи ЭРГ. Благодаря использованию микро-ЭВМ стало возможным существенно упростить систему записи ЭРГ с помощью кожного электрода, расширить ее функциональные возможности, увеличить надежность и снизить себестоимость. Основными требованиями к микро-ЭВМ для работы в системах реального времени и экспресс-обработки экспериментальных данных являются быстрое действие и объем оперативной памяти. Эти параметры ЭВМ ограничивают точность регистрации процесса и величины массивов данных, используемых при обработке. Для записи ЭРГ в течение 100—200 мс достаточно считывать данные с интервалом не менее 100 мкс и оперировать с массивами данных, занимающих объем ОЗУ до 4—5 Кбайт. Необходимым требованием к подобным системам является также удобство отображения, записи и хранения информации. Этим требованиям соответствуют серийно выпускаемые промышленностью микро-ЭВМ типа БК-0010. Блок-схема разработанной системы на основе микро-ЭВМ БК-0010 представлена на рисунке.

Пациент (П) во время регистрации ЭРГ находится в затемненной звуконепроницаемой экранированной камере. Засвет глаза осуществляется от стимулирующего устройства (С), управляемого микро-ЭВМ (МЭВМ). Параметры световых стимулов задаются с помощью УУС. Биопотенциалы, отводимые от кожи нижнего века, подаются на вход усилителя (У) и поступают на вход АЦП, управляемого сигналами запуска микро-ЭВМ. Шаг дискретизации задается программным путем перед началом работы. Данные считываются из АЦП в ОЗУ микро-ЭВМ, после чего производится их обработка в соответствии с описываемыми алгоритмами при помощи программ, предварительно загруженных в ВЗУ. Коммутатор позволяет подключать к порту ввода—вывода БК-0010 несколько внешних устройств—графопостроитель (ХУ), включенный через ЦАП и УП.

Предусмотрены три режима работы системы: 1) автоматический; 2) полуавтоматический; 3) ручной. В начале работы оператор вводит с клавиатуры микро-ЭВМ необходимые параметры, такие как код режима, количество необходимых записей ЭРГ N , время наблюдения T , интервал между отсчетами t , интервал между световыми стимулами T_c . В первом режиме система автоматически управляет стимуляцией, регистрирует ЭРГ и усредняет безартефактные записи. Во втором режиме световой стимул подается оператором, а анализ ЭРГ и запись

производятся автоматически. В третьем режиме решение относительно наличия артефакта принимается оператором по визуальному изображению сигнала на мониторе. После набора необходимого числа записей система предлагает меню дальнейших операций, среди которых переход к математической обработке усредненной ЭРГ с помощью программ цифровой обработки; повторение испытания; калибровка и выход из системы.



Блок-схема компьютерной системы записи ЭРГ.

Полная автоматизация и надежность записи ЭРГ, удобство и простота в обращении, компактность и невысокая стоимость, широкие возможности по отображению и записи информации, универсальность программ позволяют надеяться на широкое внедрение системы в экспериментальную и клиническую практику

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян С. Г., Барсегян Л. Г., Мелконян Д. С., Ровлайд Х. А. Журн. эксп. и клинич. мед., 20, 6, 628, 1980.
2. Богословский А. И., Бундорова Р. А., Жданов В. К., Шамшинова А. М., Дьячков К. А. Офтальмол. журн., 8, 574, 1974.
3. Гуревич Б. Х. Физиол. журн., 63, 281, 1957.
4. Мелконян Д. С. Переходные процессы в нейронных системах. 408, 1987.
5. Rover J., Albrecht v., Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthal., 200, 2, 17, 1976.
6. Skoog K., Nilsson S. E. G. Acta Ophthalm. (Kbh.), 52, 5, 759, 1974.

Поступило 8.11 1989 г.

Биолог ж. Армении, № 1.(12) 1989

УДК 340.6+612.013+547.963.32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ

Н. М. АВАКЯН, Р. С. КАЗАРЯН

Ереванский государственный медицинский институт, кафедра судебной медицины и советского права

Исследован характер взаимодействия бромистого этидия с продуктами распада нуклеиновых кислот в мышечных тканях трупа в зависимости от срока хранения трупного материала (до 4 суток). Полученная закономерность дает возможность определить давности наступления смерти.

Сокращения: ДНС—давность наступления смерти; УФ—ультрафиолетовый.