

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 53.087

DOI: 10.17223/00213411/64/10/55

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОКУЛОГРАФИИ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТАВ.А. Зайцев¹, М.О. Плешков¹, Д.Н. Старков¹, В.П. Демкин¹, Т.В. Руденко¹, Г. Кингма^{1,2}¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*² *Университет Маастрихта, г. Маастрихт, Нидерланды*

Существуют различные методы регистрации движения глаз, среди которых наиболее распространенными являются методы видеоокулографии (ВОГ) и электроокулографии (ЭОГ). Данные методы в своей основе используют совершенно разные физические принципы, а сигналы, полученные при записи движения глаз, соответственно имеют разные источники шумов. В конечном итоге оба метода регистрируют одно и то же механическое движение, и как следствие, должны давать согласующиеся результаты. Проведено экспериментальное исследование и анализ точности методов ВОГ и ЭОГ при регистрации зрительных саккад, записанных одновременно с применением данных методов окулографии. 12 горизонтальных саккад влево со средней пиковой скоростью $V_{\text{left}} = (150 \pm 50)$ град/с и 10 саккад вправо со средней скоростью $V_{\text{right}} = (160 \pm 50)$ град/с были записаны одновременно при помощи двух методов. Сигналы были обработаны фильтром низких частот с частотой отсечки 10 Гц и синхронизированы во времени при помощи кросс-корреляции. Далее саккады были усреднены отдельно для каждой системы и направления лево-право. Сравнение зрительных саккад проводилось с применением линейной регрессионной модели зависимости скорости движения глаза, определенной с помощью ЭОГ, от скорости движения глаза, определенной с помощью ВОГ. Обнаружено статистически значимое отличное согласие регистрируемых скоростей глаза при помощи ЭОГ и ВОГ во время горизонтальных саккад. Полученные результаты экспериментальных исследований показали, что, несмотря на совершенно разные физические принципы работы данных двух методов и ошибки измерения, имеющие разную природу, в среднем результаты регистрации движения глаз системами ВОГ и ЭОГ отлично согласуются друг с другом. Показано преимущество применения метода ЭОГ при измерении саккад и оценке вестибуло-окулярного рефлекса.

Ключевые слова: вестибулярный аппарат, айтрекинг, электроокулография, видеоокулография, зрительные саккады.

Введение

Вестибулярный аппарат представляет собой орган, который воспринимает изменения положения головы и тела в пространстве и направление движения тела у позвоночных животных и человека [1]. Наряду с органами слуха, вестибулярный аппарат является частью внутреннего уха и расположен симметрично в левой и правой височных костях. Каждый из периферических вестибулярных органов состоит из трех полукружных каналов, реагирующих на угловое ускорение при вращении головы, и двух отолитовых органов, детектирующих линейные ускорения и гравитацию. Благодаря вестибулярному аппарату человек и позвоночные животные способны поддерживать равновесие тела, ориентироваться в пространстве, координировать свои движения и стабилизировать взгляд во время движений головы.

Стабилизация взгляда происходит благодаря вестибуло-окулярному рефлексу (ВОР), с помощью которого при повороте головы глаза поворачиваются с той же скоростью, но в противоположном направлении. Например, при повороте головы в правую сторону, глаза повернутся в левую, а изображение останется практически неподвижным на сетчатке [2, 3].

Различные заболевания и повреждения внутреннего уха приводят к нарушениям вестибулярной функции [4]. Своевременная клиническая оценка функционального состояния вестибулярного аппарата помогает понять причины нарушения работы органов равновесия и прийти к эффективному лечению. Поскольку глазодвигательная система связана с вестибулярным аппаратом посредством ВОР, то достоверную оценку состояния данного органа можно дать, оценив состояние ВОР.

Существует ряд методов отслеживания и записи движения глаз, среди которых наиболее распространенными являются методы видеоокулографии (ВОГ) и электроокулографии (ЭОГ). Системы ВОГ зачастую представляют собой подключенные к персональному компьютеру очки со встроенной высокоскоростной инфракрасной камерой, предназначенной для детектирования по-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>