**Влияние физиологических факторов на оптическое неинвазивное определение концентрации гемоглобина в крови.**

***Хван О. А.***

студент

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,физический факультет, Москва, РоссияE–mail: khvan.oa21@physics.msu.ru

Гемоглобин – критически важный белок в организме человека, который реализует транспорт кислорода в тканях и органах. Анемия – недостаток гемоглобина в крови – сопутствует большому числу заболеваний, из-за чего регулярное измерение концентрации гемоглобина крови является актуальным. Своевременное определение уровня гемоглобина позволяет отследить эффективность лечения, наблюдать, как организм восстанавливается после хирургических вмешательств или физических нагрузок.

Необходимость в регулярном контроле уровня гемоглобина в крови, а также ряд неудобств, связанных с традиционной процедурой проведения анализа, требующей отбора крови, обусловили актуальность разработки множества неинвазивных устройств, определяющих уровень гемоглобина. Большинство методов неинвазивного определения уровня гемоглобина являются оптическими – для определения уровня гемоглобина производится измерение отраженного от тканей света в спектральном диапазоне, в котором коэффициент поглощения гемоглобина существенно варьируется. Действительно, поскольку отраженный сигнал от ткани формируется не только за счёт поглощения гемоглобином, но и другими хромофорами, а также рассеивающими неоднородностями, можно предположить, что точность определения уровня гемоглобина будет подвержена влиянию пигментации кожи, изменению цветности за счёт изменения температуры окружающей среды, различного механического давления, прикладываемого к исследуемому участку ткани. Однако систематические исследования влияния этих факторов на оптическое неинвазивное определение уровня гемоглобина не проводились.

В данной работе была проведена оценка влияния нескольких физиологических воздействий на погрешность определения уровня гемоглобина с помощью метода цифровой колориметрии.

Нами был использован метод цифровой колориметрии (RGB-имиджинга), аналогично работе [1], определяющий уровень гемоглобина по интенсивности отраженного света видимого диапазона от участков ногтевой пластины и кожи руки. В рамках исследования использовался набор данных, включающий информацию о 298 пациентах с медианным уровнем гемоглобина 125 г/л и стандартным отклонением 14.8 г/л. Обученная модель была протестирована на новом наборе данных, чтобы оценить влияние пяти физиологических факторов на изменчивость предсказаний модели: охлаждение исследуемого участка ткани, механическое давление на пальцы, окклюзия сосудов руки, влияние пигментации кожи руки и различное положение рук относительно сердца.

Установлено, что изменение температуры тканей изменяло предсказанный уровень гемоглобина и коррелировало отрицательно (R = -0.71), так что в среднем изменение температуры тканей пальца на 2°C приводило к изменению предсказания на 3 г/л.

С увеличением силы давления на пальцы фиксируется рост предсказанного уровня гемоглобина, однако скорость и амплитуда изменений различались для различных испытуемых. Эти различия могут быть обусловлены индивидуальными физиологическими параметрами, такими как состояние сосудистой стенки и объём циркулирующей крови. В некоторых случаях увеличение силы надавливания приводит к снижению красноты ногтевого ложа. Это может быть обусловлено чрезмерным давлением, вызывающим ишемию и побледнение тканей вокруг дистальной фаланги. Данные наблюдения подчеркивают важность учета силы нажатия при интерпретации оптических параметров для оценки уровня гемоглобина.

Средняя амплитуда изменения предсказанного уровня гемоглобина в эксперименте с венозной окклюзией составила 23.4 г/л, что эквивалентно изменению в среднем на 2.9 г/л на 1 минуту окклюзии. Выявлена отрицательная корреляция между временем окклюзии и изменением неинвазивного предсказания концентрации гемоглобина крови (R = -0.63), что свидетельствует о линейной зависимости между степенью венозного застоя и изменениями оптических характеристик.

Не было выявлено статистически значимых различий в точности определения уровня гемоглобина в зависимости от оттенка кожи.

Результаты исследования демонстрируют, что неинвазивные устройства могут обеспечить высокую точность при стабильном покое и умеренной физической нагрузке, но их эффективность может изменяться в зависимости от уровня активности. Эти данные имеют важное значение для исследователей, врачей и пользователей при интерпретации результатов и принятии решений о состоянии здоровья.

**Литература**

1. *Yakimov B. et al. Diffuse reflectance spectroscopy and RGB-imaging: a comparative study of non-invasive haemoglobin assessment //Scientific Reports. – 2024. – Т. 14. – №. 1. – С. 22874.*