

УДК 616-007.272-073.173

ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В ОККЛЮЗИОННОЙ ПЛЕТИЗМОГРАФИИ**Кузнецов В.И., Тараканов С.А., Рыжаков Н.И.***Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург***РЕЗЮМЕ**

Цель публикации – познакомить читателей с новейшими достижениями в области технологий машинного зрения применительно к окклюзионной плетизмографии. Принцип работы плетизмографа аналогичен принципу работы механического окклюзионного плетизмографа, с той лишь разницей, что рабочая измерительная среда (газ или жидкость) заменена лазерными метками, а фиксирование изменения объема производится машинным зрением с последующей компьютерной обработкой. Применение лазерных технологий машинного зрения в будущем значительно упростит процесс диагностики, позволит проводить диагностику многократно и при различных условиях, например, при внешнем воздействии на исследуемую конечность теплом, холодом, физической нагрузкой и т.п., отражая более полную и точную картину состояния кровеносных сосудов в динамике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механическая окклюзионная плетизмография, технологии машинного зрения в медицине.

В диагностике внутренних болезней, связанных с процессами кровенаполнения и тонусом сердечно-сосудистой системы человека, в современной медицинской практике используют методы окклюзионной плетизмографии. Окклюзионная плетизмография предназначена для измерений динамических изменений объема какой-либо части тела при перекрытии венозных сосудов (окклюзии). При этом методами окклюзионной плетизмографии можно определить такие параметры сердечно-сосудистой системы, как объемная скорость кровотока, венозная емкость, венозный тонус.

В мировой практике для измерения объема обследуемой конечности используются специальные устройства – плетизмографы, в которых для создания окклюзии применяется манжета, накладываемая на конечность ближе к центру тела. В зависимости от способа измерения объема обследуемой конечности различают четыре основных способа окклюзионной плетизмографии:

– механическую (жидкостную или пневматическую) [1, 5, 7, 8], при которой обследуемая часть тела помещается в герметизируемую камеру, внутри которой находится трансмиссионная среда (вода или воздух), а

колебания объема регистрируются по уровню воды (или изменению объема воздуха) в герметичной манжете;

– электрическую (импедансную плетизмографию или реографию) [2, 4, 6, 7], отражающую динамику электропроводности в зависимости от степени кровенаполнения;

– тензометрическую [7, 8, 10, 11], основанную на использовании проводящей эластичной петли, охватывающей исследуемую конечность, у которой в зависимости от натяжения меняется электрическое сопротивление;

– оптическую (фотоплетизмографию) [1, 7, 11, 12], основанную на изменении оптической плотности тканей при циркуляции крови.

К недостаткам механической жидкостной и пневматической окклюзионной плетизмографии относятся: их невысокая практичность, неудобство в работе, связанное с высокой трудоемкостью герметизации частей тела в манжете, быстрый износ, невозможность быстрого перестроения прибора для измерения объемов различных участков тела и, самое главное, сдавливающее воздействие измерительной манжеты (газовой или водной) на исследуемую конечность, которое вносит существенную погрешность.

Электрическая, тензометрическая окклюзионная плетизмография и фотоплетизмография основаны на измерениях не динамических изменений объема ко-

✉ *Тараканов Сергей Александрович*, тел.: 8-904-603-7475;
e-mail: k.v.tarakanov@gmail.com

нечности, а некоторых сопутствующих изменений, например электрического импеданса, интенсивности отраженного и прошедшего рассеянного света, и зависят от множества факторов, таких, как уровень сахара в крови, давление, оксигенация, изменение тонуса сосудов и др., что приводит к увеличению погрешности.

С развитием технологий производства светоизлучающих и фотоприемных элементов в лазерной оптике стало возможным создание принципиально нового оборудования, позволяющего проводить измерения объема конечности, объемной скорости кровотока, венозной емкости и венозного тонуса методами механической окклюзионной плетизмографии без использования герметизируемой для каждого измерения камеры. Диагностика колебаний объема в конечности может осуществляться бесконтактно лазерными маркерами машинного зрения с последующей компьютерной обработкой сигналов.

Прибор, создаваемый на основе такого метода, будет прост и удобен в эксплуатации; не требует герметизации конечности; обладает существенно меньшей погрешностью и большой чувствительностью к изменениям в объеме конечности.

Цель – познакомить читателей с новейшими достижениями в области технологий машинного зрения применительно к окклюзионной плетизмографии.

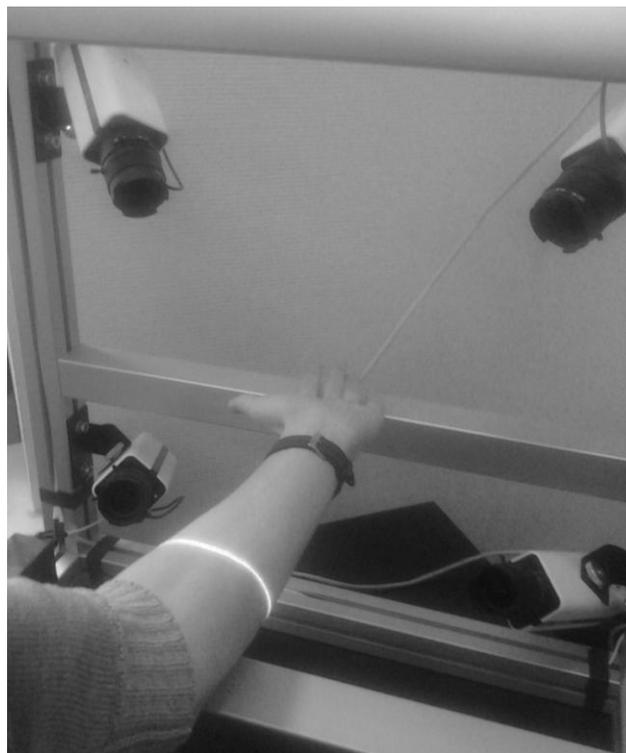
Объектом исследования стал разработанный авторами окклюзионный плетизмограф машинного зрения.

Новейшее, и, вероятно, наиболее перспективное направление окклюзионной плетизмографии основано на принципиально ином способе детектирования колебаний объема конечности – машинном зрении. Машинное зрение осуществляется цифровыми или интеллектуальными камерами с последующей компьютерной обработкой изображения. Такой способ исключает какое-либо внешнее сдавливающее воздействие на исследуемый участок конечности, что существенно увеличивает чувствительность прибора и уменьшает погрешность.

В основе предлагаемого окклюзионного плетизмографа машинного зрения (рисунок) лежит следующий принцип работы. Как и при механической окклюзионной плетизмографии, устройство снабжено специальной окклюзионной манжетой, сдавливающей венозные сосуды исследуемой конечности и перекрывающей отток крови. Поступление крови в конечность продолжается по артериальным сосудам.

Однако в отличие от механических плетизмографов оптический не оказывает воздействия на исследуемую часть конечности, что минимизирует погрешность. Герметичная манжета с трансмиссионной средой в устройстве заменена лазерными диодами,

установленными по всему периметру корпуса плетизмографа. Лазерные излучатели проецируют маркеры (линии, сетки и др.), которые выявляют форму диагностируемой поверхности. Далее положение маркеров регистрируется видеокамерой и с помощью специального программного обеспечения восстанавливаются геометрические параметры исследуемой конечности. По изменению положения и размера лазерных меток вычисляется изменение объема конечности.



Окклюзионный плетизмограф машинного зрения

Любое изменение положения лазерных меток, вызванное изменением объема конечности при окклюзии, обрабатывается и представляется в виде плетизмограммы, отражающей параметры кровотока: объемную скорость и отток венозной крови, венозный тонус и др. Оценку изменения объема можно производить как на основании измерения параметров одной линейной лазерной метки (в этом случае измеряется площадь сечения конечности), так и на основании сетчатой структуры лазерных меток вдоль всей конечности (измеряется объем конечности).

Окклюзионный плетизмограф машинного зрения обладает следующими преимуществами:

- производятся прямые измерения динамических изменений объема конечности, позволяющие определить объемную скорость кровотока, венозную емкость, венозный тонус;

– исключается внешнее сдавливающее воздействие на исследуемый участок конечности, что существенно расширит область применения, увеличит точность и сделает процедуру исследования более комфортной для пациента;

– обеспечена возможность проведения измерений без перестроения измерительного узла для различных конечностей;

– простота и удобство в эксплуатации.

С появлением на рынке такого устройства у врачей появится возможность проводить диагностику многократно и при различных условиях, например при внешнем воздействии на исследуемую конечность тепла, холода, физической нагрузки, для получения более полной и точной картины состояния кровеносных сосудов в динамике.

Вниманию читателей предложен разработанный авторами окклюзионный плетизмограф машинного зрения, основными достоинствами которого являются: проведение прямых измерений объема конечности и обеспечение надежности работы и высокой точности измерений.

Появление на рынке здравоохранения плетизмографа нового поколения позволит врачам получать более полную и точную картину состояния кровеносных сосудов в динамике. Способ измерения объема конечности является инновационным решением и ранее нигде не публиковался. Применение технологий машинного зрения в дальнейшем возможно и для устройств плетизмографии всего тела, при исследовании функций внешнего дыхания и минутного объема кровообращения.

Таким образом, в окклюзионном плетизмографе машинного зрения исключается внешнее сдавливающее воздействие на исследуемый участок конечности благодаря применению лазерных технологий. Данный подход позволит существенно расширить область применения окклюзионной плетизмографии, увеличить точность и сделать процедуру исследования более комфортной для пациента. Плетизмограф позволяет проводить измерения без перестроения измерительного узла, что значительно увеличивает оперативность работы и позволяет проводить измерения на различных конечностях. Опти-

ческий плетизмограф не требует дополнительных приспособлений и расходных материалов.

Принцип работы оптического плетизмографа аналогичен механическому с той лишь разницей, что рабочая измерительная среда (газ или жидкость) заменена лазерными метками, а фиксирование изменения объема производится машинным зрением с последующей компьютерной обработкой.

Литература

1. *Лебедев П.А., Калакутский Л.И., Власова С.П., Горлов А.П.* Фотоплетизмография в оценке эластических свойств и реактивности периферических артерий // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2004. № 1. С. 31–36.
2. *Гуревич М.И., Соловьев А.И., Литовченко Л.П., Доломан Л.Б.* Импедансная реоплетизмография. Киев: Наукова думка, 1982. 166 с.
3. *Ройтберг Г.Е., Струтынский А.В.* Внутренние болезни. Лабораторная и инструментальная диагностика. М.: МЕДпресс-информ, 2011. 800 с.
4. *Савченко Н.Е., Сидоренко Г.И., Полонецкий Л.З.* Реография (импедансная плетизмография). Минск: Беларусь, 1978. 158 с.
5. *Скардс Я.В., Витолс А.Я.* Гибкий онкометр для определения объема кровотока предплечья и голени методом венозной окклюзионной плетизмографии // Физиол. журн. СССР. 1974. № 10. С. 16–18.
6. *Старшов А.М., Смирнов И.В.* Реография для профессионалов. Методы исследования сосудистой системы: пособие для врачей. М.: БИНОМ, 2003. 80 с.
7. *Физиология человека.* 3-е изд. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 2005. Т. 2. 314 с.
8. *Шуров В.А., Долганова Т.И.* Оценка периферической гемодинамики с помощью метода окклюзионной плетизмографии: методические рекомендации. Курган: МЗРФ РНЦ «ВТО», 1990. 21 с.
9. *Hallböök T., Mansson B., Nilsén R.* A strain gauge plethysmograph with electrical calibration // Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. 1970. Vol. 25, № 4. P. 413–418.
10. *Hokanson D.E., Sumner D.S., Strandness D.E.* An Electrically Calibrated Plethysmograph for Direct Measurement of Limb Blood Flow // Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. 1975. Vol. BME-22. Is. 1. P. 25–29.
11. *Pallares L.C., Deane C.R., Baudouin S.V., Evans T.W.* Strain gauge plethysmography and Doppler ultrasound in the measurement of limb blood flow // European J. Clin. Invest. 1994. № 24. P. 279–286.
12. *Zierler R.E.* Doppler techniques for lower extremity arterial diagnosis // Herz. 1989. Vol. 14, № 2. P. 126–133.

Поступила в редакцию 11.12.2012 г.

Утверждена к печати 10.04.2013 г.

Кузнецов Владимир Игоревич – канд. техн. наук, директор ООО «Конструкторское бюро современных технологий Санкт-Петербургского ГУ ИТМО» (г. Санкт-Петербург).

Тараканов Сергей Александрович (✉) – канд. техн. наук, директор Центра медицинского, экологического приборостроения и биотехнологий Санкт-Петербургского НИ Университета ИТМО, науч. сотрудник ООО «Конструкторское бюро современных технологий Санкт-Петербургского ГУ ИТМО» (г. Санкт-Петербург).

Рыжаков Николай Игоревич – науч. сотрудник ООО «Конструкторское бюро современных технологий Санкт-Петербургского ГУ ИТМО» (г. Санкт-Петербург).

✉ Тараканов Сергей Александрович, тел.: 8-904-603-7475; e-mail: k.v.tarakanov@gmail.com

CONTACTLESS MEASUREMENT OF KEY PARAMETERS OF LIMB VESSELS ON AN OCCLUSAL PLETHYSMOGRAPHY METHOD

Kuznetsov V.I., Tarakanov S.A., Ryzhakov N.I.

National Research University of Information Technologies, Mechanics and Opticians, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

The purpose of this publication – to familiarize the readers with the newest achievements in the field of vision machine technologies with regard to the occlusal plethysmography. The principle of plethysmograph work is similar to a principle of mechanical occlusal plethysmograph work, with that only a difference that working measuring environment (gas or liquid) is replaced with laser labels, and fixation of change of volume is made by machine vision with the subsequent computer processing. Application of laser technologies of machine vision in future considerably simplified process of diagnostics, will allow to carry out diagnostics repeatedly and under various conditions of, for example, case of external action on the examined finiteness of the of heat, cold, physical exercise, and so, is representative of more and accurate picture of the state of blood vessels in the dynamics.

KEY WORDS: mechanical occlusal plethysmography, technologies of machine vision in medicine.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 3, pp. 117–120

References

1. Lebedev P.A., Kalakutsky L.I., Vlasov S.P., Gorlov A.P. *Regional circulation and microcirculation*, 2004, no. 1, pp. 31–36 (in Russian).
2. Gurevich M.I., Soloviyov A.I., Litovchenko L.P., Doloman L.B. *Impedance rheoplethysmography*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1982, 166 p. (in Russian).
3. Roitberg G.Ye., Strutunsky A.V. *Internal diseases. Laboratory and instrumental diagnostics*. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2011. 800 p. (in Russian).
4. Savchenko N.Ye., Sidorenko G.I., Polonetsky L.Z. *Rheography (Impedance rheoplethysmography)*. Minsk, Belarus' Publ., 1978. 158 p. (in Russian).
5. Scards Ya.V., Vitols A.Ya. *Physiological Journal of USSR*, 1974, no. 10, pp. 16–18 (in Russian).
6. Starshov A.M., Smirnov I.V. *Rheography for professionals. Research methods of the cardiovascular system*. Moscow, BINOM Publ., 2003, 80 p. (in Russian).
7. Human physiology. 3d ed. / ed. R. Schmidt, G. Tevs. Moscow, Mir Publ., 2005, vol. 2, 314 p. (in Russian).
8. Shchurov V.A., Dolganova T.I. *Evaluation of peripheral hemodynamics using the method of occlusion plethysmography: methodical recommendations*. Kurgan, 1990. 21 p. (in Russian).
9. Hallböök T., Mansson B., Nilsén R. A strain gauge plethysmograph with electrical calibration. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 1970, vol. 25, no. 4, pp. 413–418.
10. Hokanson D.E., Sumner D.S., Strandness, D.E. An Electrically Calibrated Plethysmograph for Direct Measurement of Limb Blood Flow. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 1975, vol. BME-22, no. 1, pp. 25–29.
11. Pallares L.C., Deane C.R., Baudouin S.V., Evans T.W. Strain gauge plethysmography and Doppler ultrasound in the measurement of limb blood flow. *European J. Clin. Invest.*, 1994, no. 24, pp. 279–286.
12. Zierler R.E. Doppler techniques for lower extremity arterial diagnosis. *Herz.*, 1989, vol. 14, no. 2, pp. 126–133.

Kuznetsov Vladimir I., Design bureau of modern technologies of the St. Petersburg State University ITMO Ltd., St. Petersburg, Russian Federation.

Tarakanov Sergey A. (✉), Center of medical, ecological instrumentation and biotechnologies of National Research University of Information Technologies, Mechanics and Opticians, Design bureau of modern technologies of the St. Petersburg State University ITMO Ltd., St. Petersburg, Russian Federation.

Ryzhakov Nikolay I., Center of medical, ecological instrumentation and biotechnologies of National Research University of Information Technologies, Mechanics and Opticians, Design bureau of modern technologies of the St. Petersburg State University ITMO Ltd., St. Petersburg, Russian Federation.

✉ Tarakanov Sergey A., Ph. +7-904-603-7475; e-mail: k.v.tarakanov@gmail.com