ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ПРИ НАЯВНОСТІ СКЛАДНОЩІВ АНАЛІЗУ КАРДІОСИГНАЛУ[1]

Глоба К. І.

DOI: 10.53672/ej.6.2018.04[1] Check for updates

Анотація. Серед поліграфологів немає єдиної думки щодо діагностичної цінності фотоплетизмограми (ФПГ): одні професійні школи вважають датчик ФПГ основним, інші не застосовують його взагалі, а поширена оцінка зводить його внесок до 5 % діагностичної інформації на поліграмі. Водночас на практиці тестовані нерідко скаржаться на біль і дискомфорт від накачаної кардіоманжети, і ні зміна її положення, ні зменшення об'єму повітря проблеми цілком не усувають. Глоба К. І. перевіряє, чи можна в таких випадках замінити датчик артеріального тиску датчиком ФПГ, який також відображає роботу серцево-судинної системи. Огляд праць В. О. Варламова, К. О. Леонтьєва і С. Д. Паніна, експериментів Раскіна, Текрея та Орна, Кубіса, а також дослідження Ч. Хонтса зі співавторами в журналі «Polygraph» (2015) засвідчує суперечливість наявних даних. Емпіричну базу становлять 85 однотемних тестів (AF MGQT, Utah ZCT), проведених у реальних умовах, з читабельними графіками кардіосигналу та ФПГ без виражених артефактів. Кожен тест оцінено тричі: з усіма каналами, без ФПГ і без датчика АТ. Висновки без ФПГ збіглися з повним аналізом у 79 випадках, без АТ у 74, а однакові рішення в усіх трьох варіантах отримано в 71 тесті (84 %). Порівняння за t-критерієм Стьюдента (t = 0,09) не виявило значущих відмінностей на 5-відсотковому рівні. Протилежних висновків (DI проти NDI) не було: розбіжності стосувалися лише переходу між певним рішенням і відсутністю рішення (NO). Авторка доходить висновку, що коли кардіоманжету використати неможливо (дискомфорт, загроза здоров'ю, дублювання кривої дихання, артефакти в кардіоканалі), датчик ФПГ здатний її замінити й водночас дає змогу проводити триваліші тести, не утруднюючи кровообігу. Така заміна виправдана лише за чіткого запису ФПГ без артефактів і без дублювання каналу дихання, а також за стабільного освітлення приміщення, оскільки датчик світлочутливий. Отримані результати авторка вважає попередніми, ознайомлювальними; для практичних рекомендацій поліграфологам потрібні глибші дослідження.

Ключові слова: фотоплетизмограма, ФПГ, кардіосигнал, артеріальний тиск, кардіоманжета, поліграф, поліграфологічне тестування, серцево-судинна система, тест контрольних питань, t-критерій Стьюдента.

Specific Features of Using the Photoplethysmogram When the Cardio Signal Is Difficult to Analyse

Hloba K. I.

Abstract. Polygraph examiners disagree on the diagnostic value of the photoplethysmogram (PPG): some professional schools treat the PPG sensor as a primary channel, others do not use it at all, and a common view credits it with only about 5% of the diagnostic information in a chart. In practice, examinees often complain of pain and discomfort caused by the inflated blood pressure cuff, and repositioning the cuff or reducing the air volume does not fully remove the problem. Globa K. I. examines whether the cardio cuff can be replaced with a PPG sensor, which also reflects cardiovascular activity. A review of earlier work, including experiments by Raskin, Thackray and Orne, Kubis, and the 2015 study by Honts and colleagues in Polygraph, reveals conflicting evidence. The empirical part cov-

ers 85 single-issue field tests (AF MGQT, Utah ZCT) with readable cardio and PPG tracings free of marked artefacts. Each test was scored three times: with all channels, without the PPG and without the blood pressure channel. Decisions reached without the PPG matched the full analysis in 79 cases, those reached without the cuff in 74, and all three variants yielded identical decisions in 71 tests (84%). Student's t-test (t = 0.09) showed no significant difference at the 5% level, and no opposite decisions (DI versus NDI) occurred; discrepancies only concerned a definite result versus no opinion. The author concludes that when the cuff cannot be used because of discomfort, health risk, duplication of the respiratory curve or artefacts, the PPG sensor may serve as a substitute and permit longer tests without impeding blood circulation. This requires clear, artefact-free PPG recordings that do not duplicate respiration and stable room lighting, given the sensor's sensitivity to light. The findings are preliminary and call for further research before practical guidance is issued.

Keywords: photoplethysmogram, PPG, cardio signal, blood pressure cuff, polygraph examination, cardiovascular system, comparison question test, field study, Student's t-test, lie detection.

Вперше оприлюднено: *сайт журналу «Судово-психологічна експертиза», 11.07.2018; у номері — 31.12.2018; DOI:* ***10.53672/ej.6.2018.04***[1].

Повний текст

Текст статті.

В даний час багатьма поліграфологами використовуються такі найпоширеніші датчики для аналізу психофізіологічного стану тестованого в процесі тестування, як датчики дихання (датчик верхнього дихання і датчик нижнього дихання), датчик вимірювання шкірно-гальванічних реакцій, датчик вимірювання артеріального тиску і датчик руху. Крім зазначених датчиків, які вважаються основними, використовуються також і так звані додаткові датчики, до яких, в тому числі відносять датчик ФПГ (датчик вимірювання кровонаповнення судин). Діагностична методика плетизмографія є досить поширеною в медицині, і з медичної точки зору, до загальних можливостей плетизмографії в вивченні гемодинаміки відносяться - вимірювання кров'яного тиску, об'ємного пульсу, швидкості кровотоку, проникності капілярів, хвилинного і систолічного об'єму крові [5]. Дані фотоплетізмограмми, що демонструють характеристики стану людини, дозволяють виділити явні подібності з показниками датчика артеріального тиску. Однак, незважаючи на те, що було проведено вже чимало досліджень, присвячених використанню фотоплетізмограмми при аналізі результатів тестування на поліграфі, в сучасній детекції брехні актуальна думка, що показники фотоплетізмограмми дають лише 5% діагностичної інформації на графіках. При цьому, варто зазначити, що використання даних фотоплетізмографії найбільш поширене серед поліграфологів країн колишнього Радянського Союзу (росія, Україна, Казахстан і т.д.).

Детально розглядаються і описуються принципи аналізу показників фотоплетізмограмми в книзі В.О. Варламова «Детектор брехні» 2004р. [4]; деякі дослідження в області детекції брехні проводилися з використанням датчика ФПГ як рівноцінного датчику артеріального тиску (наукова стаття «Оцінка поліграм, отриманих в ході криміналістичного дослідження із застосуванням поліграфа» К.А. Леонтьєв, С.Д. Панін, 2014р.) [6]. Результати більшості зарубіжних наукових досліджень в принципі не розглядають характеристики фотоплетізмограмми в якості основних (наприклад, дослідження Університету

Джона Хопкінса на замовлення DoDPI (зараз DACA) для оцінки ефективності використання характеристик, використовуваних у федеральній системі оцінки Harris, Horner & McQarrie (2002); дослідження на базі Університету Юти на замовлення DoDPI (зараз DACA) для оцінки ефективності характеристик Федеральної 7-бальної системи підрахунків Kircher, Krisjiansson, Gardner & Webb (2005)).

Разом з тим, в 2015р. в журналі «Polygraph» було описано одне з численних досліджень, присвячених розгляду питання використання фотоплетізмограмми, автори якого (Charles R. Honts, Mark Handler, Pam Shaw and Mike Gougle) на підставі отриманих результатів настійно рекомендують поліграфологам використовувати в процесі аналізу поліграм показники фотоплетізмограмми, як високо достовірні дані [3]. До цього часу дослідження в цій області також проводили Раскін, Текрей і Орн, Кубіс і інші фахівці в області детекції брехні. Так, в дослідженні з "псевдозлочином", проведеному на в'язнях у в'язниці (Raskin, 1975), було отримано значуща відмінність між "винними" і "невинними" піддослідними тільки на основі зменшення амплітуди пульсу в пальці, реєстрованого за допомогою фотоплетізмографії. На противагу цим результатам Текрей і Орн (1968) в своєму експерименті з "псевдоагентами" отримали дані про випадковий характер пов'язаних з брехнею змін амплітуди пульсу в пальці, що реєструються за допомогою фотоплетізмографії. Однак, слід зазначити, що Текрей і Орн використовували відносно малочутливу процедуру ранжирування для вимірювання реакцій. Також були повідомлення про зміну кровонаповнення пальця під час брехні.

В експерименті з ув'язненими в'язниці, які брали участь в 18 "псевдозлочинах", і використовуючи фотоплетізмографію, Раскін (1975) виявив, що зменшення кровонаповнення дозволяє на значущому рівні розрізняти "винних" і "невинних" піддослідних. У подібному експерименті з "псевдозлочином" Кубіс (1962) також виявив аналогічний, але менш виражений ефект з точністю 54 - 72% при рівні випадкового вгадування 50%. Повторний, більш детальний аналіз цих даних (Kubis, 1973) показав точність 67% при використанні величини зменшення кровотоку в якості критерію, і 64% при використанні тривалості падіння рівня кровонаповнення в якості параметра оцінки [2].

Наведені дані демонструють відсутність у сучасному світі детекції брехні єдиної думки про те, який комплекс показників включати в категорію значущих (мають достатню для аналізу вагове значення) при аналізі поліграм. Внаслідок цього, поліграфологи використовують ті системи оцінки поліграм, які, по-перше, рекомендуються професійними школами, в яких проходять навчання поліграфологи. По-друге, отримана багаторічна практика і досвід також дають поліграфологам можливість індивідуального підходу до діагностичного аналізу поліграм.

У роботі практично кожного практикуючого поліграфолога зустрічалися ситуації, пов'язані зі скаргами тестованих на хворобливі відчуття і дискомфорт в руці при накаченній манжеті. У подібних випадках рекомендуються різні способи, які можуть призводити до зниження хворобливих відчуттів при традиційному вимірі артеріального тиску: зміна положення манжети на руці, кріплення манжети на нозі, нагнітання меншого об'єму повітря в манжету. Однак, у будь-якому з перерахованих методів наявність дискомфорту на ділянці тіла, де буде зафіксована манжета, практично завжди буде присутньою. З огляду на той факт, що датчик ФПГ і манжета (датчик АТ) використовуються для

зняття показників серцево-судинної системи, можна припустити, що в ситуації неможливості використання датчика АТ його можна замінити на датчик ФПГ.

В якості основного обгрунтування висунутого припущення служить опис важливих для аналізу досліджуваних характеристик фізіологічного стану людини: кров'яний тиск, частота серцевих скорочень (серцевий ритм), серцевий викид. Для перевірки практичної можливості використання показників фотоплетізмограмми замість даних, одержуваних за допомогою датчика АТ, було проведено дослідження з аналізом 85 однотемних тестових форматів (тестів з використанням контрольних питань спрямованої і ймовірною брехні (AF MGQT, UTAH ZCT)).

Всі тестування були проведені в реальних умовах, тому що існує точка зору, згідно з якою експерименти, що проводяться в лабораторних (штучних) умовах, можуть бути недостовірні в зв'язку з недотриманням всіх необхідних в реальному тесті вимог. При цьому, варто зазначити, що у всіх проаналізованих тестах графіки кардіосигналу і фотоплетізмограмми на поліграмах були читабельні і легкоаналізовані (без явно виражених артефактів). В рамках дослідження послідовно проводився спочатку аналіз тестів з прийняттям рішення з урахуванням всіх реєстрованих даних (ШГР, показники дихання, ФПГ, АТ), потім - аналіз цих же тестів без включення даних фотоплетізмограмми, і на завершення - аналіз тестів без використання датчика АТ. За підсумком вийшло три варіанти вирішення по кожному досліджуваному тесту (три групи). Зведені дані (кількість отриманих варіантів рішень в кожній групі) відображені в таблиці 1.

Таблиця 1

	Усі датчики (1 група)	Без ФПГ (2 група)	Без АТ (3 група)
Рішення DI	11	9	15
Рішення NDI	65	64	60
Нема Рішення NO	9	12	10

Далі було здійснено порівняння отриманих висновків (рішень) з першої групи та другої групи по кожному конкретному тесту на предмет їх збігу. Таке ж порівняння було проведено між даними першої групи і третьої групи. Отримані дані порівнянь представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

	Без датчика ФПГ	Без датчика АТ	Порівняння трьох груп
Рішення DI, кількість збігів	9	10	9
Рішення NDI, кількість збігів	62	59	57
Нема рішення NO, кількість збігів	8	5	5
Загальна кількість збігів висновків	79	74	71

Основне завдання такого аналізу полягало у виявленні та фіксації збігів висновків по тестах, що дозволило отримати дані у вигляді кількості однакових висновків в трьох

категоріях: прийняті рішення без показників фотоплетізмограмми, прийняті рішення без урахування кардіосигналу, а також кількість збігів висновків за трьома аналізованими групами. Як видно з таблиці 2, в 71 випадку (в 84% випадках) у всіх трьох групах були отримані однакові рішення, що вже дає можливість зробити потенційний висновок про досить високу діагностичної інформативності фотоплетізмограмми. Для оцінки та порівняння отриманих результатів (зафіксованих збігів) першої та другої категорії був використаний статистичний t-критерій Стьюдента [7, 8].

За підсумком аналізу отримали t = 0,09, що дає підставу вважати відмінності в отриманих висновках по першій і другій категорії не значущими (на 5% рівні). Іншими словами, можемо говорити про те, що висновки за тестовими форматам при їх аналізі з використанням датчиків ФПГ, верхнього і нижнього дихання, ШГР і тремору не мають значимих відмінностей від висновків за цими ж тестами з використанням датчиків верхнього і нижнього дихання, ШГР, тремору і кардіоманжети. При цьому, варто також підкреслити, що ні в одному з аналізованих тестах не були отримані протилежні висновки - якщо були зафіксовані відмінності в рішеннях, то вони мали тільки такий вигляд: є результат (DI, NDI) та немає результату (NO).

Отримані результати дають можливість зробити висновок про те, що при заміні кардіоманжети датчиком ФПГ ми потенційно отримаємо аналогічні результати по аналізованому тесту. Таким чином, поліграфолог отримує ще один варіант вирішення проблеми неможливості використовувати в процесі тестування датчик артеріального тиску - використання фотоплетізмограмми, яка також відображає характеристики серцево-судинної системи. До подібного роду складнощів можуть призводити наявність явного дискомфорту на ділянці тіла з накладеною манжетою, потенційна загроза здоров'ю людини від накаченной повітрям манжети, труднощі в аналізі кардіосигналу в силу його дублювання кривої дихання, наявність артефактів по каналу кардіо і т.д. Крім іншого, деякі описані вище обставини накладають обмеження на тривалість пред'явлення послідовності питань в ході тесту. У деяких ситуаціях застосування манжети може також приводити до зменшення ефективності чи спотворення інших фізіологічних ознак [4]. Використання фотоплетізмограмми, як більш щадної системи реєстрації кров'яного тиску і частоти серцевих скорочень [1], сприяє практичної відсутності відчуття дискомфорту від кріплення датчика на тілі, що не утрудняє кровообіг, що, в свою чергу, робить можливим проведення більш тривалого тесту (при необхідності) при збереженні нормального, відносного постійного стану тестованого.

Разом з тим, є ряд деяких умов, тільки при дотриманні яких можна говорити про доцільність заміни датчика АТ датчиком ФПГ. Зокрема, показники фотоплетізмограмми повинні бути досить чіткі і зрозумілі для аналізу, не дублювати канал дихання і не містити артефакти. У зв'язку з цим, поліграфологові слід пам'ятати, що, по причині високої чутливості використовуваних датчиків фотоплетізмографії, при різкій зміні рівня освітленості приміщення характеристики фотоплетізмограмми можуть бути перекручені. Як наслідок, з огляду на підвищену світлочутливість датчика ФПГ, слід передбачити при їх установці, в тому числі, відсутність перепадів в рівні освітлення [9].

При підготовці матеріалів для описаного вище дослідження були проаналізовані результати минулих експериментів і досліджень щодо використання фотоплетізмограмми. З огляду на той факт, що отримані в процесі цього дослідження результати раніше не

знаходили свого підтвердження або спростування, вони поки можуть носити тільки ознайомлювальний характер. З метою закріплення отриманих результатів на рівні практичних рекомендацій для поліграфологів потрібно більш глибоке і детальне вивчення аспектів використання фотоплетізмограмми.

Використана література:

1. Bergstrand, Sara. Tissue Blood Flow Responses to External Pressure Using LDF and PPG: Testing a System Developed for Pressure Ulcer Research / Sara Bergstrand – Linköping: Linköping University Electronic Press, 2009 – p. 17 – 18

2. Podlesny, J. A., & Raskin, D. C. Physiological measures and the detection of deception / Podlesny, J. A., Raskin, D. C. // Psychological Bulletin. – 1977 – 84(4) – P. 782-799.

3. The Vasomotor Response in the Comparison Question Test / Charles R. Honts, Mark Handler, Pam Shaw and Mike Gougler // Polygraph. – 2015 – Volume 44 (1) – P. 62 – 7112.

4. Варламов, В.О. Детектор брехні / Варламов В.О. - Краснодар: Радянська Кубань, 1998. – с.86 – 90, 100.

5. Кукушкіна, Ю. фотоплетізмографія - Інформаційний портал з питань біомедичної інженерії – 2011. – URL: http://ilab.xmedtest.net/?q=node/3286

6. Леонтьєв, К.О., Панін, С.Д. д-р тех. наук, проф. Оцінка поліграм, отриманих в ході криміналістичного дослідження із застосуванням поліграфа / К. А. Леонтьєв, С. Д. Панін. // Юридична психологія. – 2014. - № 2. – С. 33 – 37

7. Математична статистика для психологів - електрон.ресурс – URL: http://statpsy.ru/

8. Перевірка статистичних гіпотез, критерій Стьюдента // Студопедія.Орг. - 2014 -2018р. – URL: https://studopedia.org

9. Поглиблені кадрові перевірки / Варламов В.О., Варламов Г.В., Власова Н.М., Зубрилова І.С., Котомін М.Б. - Москва, 2003 – с. 85, 102

10. Холодний, Ю.І. Аналіз фізіологічних реакцій, що реєструються в процесі опитування з використанням поліграфа. Практичний посібник // Холодний Ю.І. - Москва, 1999. – с. 23 - 27.

Аннотация: *На сегодняшний день в области детекции лжи нет единого и однозначного мнения в отношении объема диагностической информации фотоплетизмограммы в рамках проведения полиграфологического тестирования. Вследствие этого, некоторые профессиональные школы рекомендуют использовать датчик ФПГ, как один из основных датчиков, представители других школ в принципе не используют данный датчик в тестах. Учитывая тот факт, что фотоплетизмограмма отражает некоторые характеристики сердечно-сосудистой системы, в рамках данной работы была рассмотрена и проверена возможность использования фотоплетизмограммы вместо данных кардиосигнала, получаемых при использовании кардиоманжеты. С этой целью было проведено исследование, итоги которого позволили обнаружить вероятное решение проблемы невозможности использования датчика артериального давления (напр., в силу причинения дискомфорта) путем использования при проведении тестирования датчика ФПГ (при соблюдении необходимых условий).*

Ключевые слова: *фотоплетизмограмма, ФПГ, кардиосигнал, АД, сердечно-сосудистая, сердечный, ритм.*

Анотація: *На сьогоднішній день в області детекції брехні немає єдиної та однозначної думки щодо обсягу діагностичної інформації фотоплетізмограмми в рамках проведення поліграфологічного тестування. Як наслідок, деякі професійні школи рекомендують використання датчику ФПГ, як одного з основних датчиків, представники інших шкіл, в принципі, не використовують цей датчик в тестах. З огляду на той факт, що фотоплетізмограмма відображає деякі характеристики серцево-судинної системи, в рамках цієї роботи була розглянута і перевірена можливість використання фотоплетізмограмми замість даних на кардіосигналу, отриманих за допомогою кардіоманжети. З цією метою було проведено дослідження, підсумку якого дозволили виявити вірогідне вирішення проблеми неможливості використання датчика артеріального тиску (наприклад, через спричинення дискомфорту) шляхом використання при проведенні тестування датчика ФПГ (з урахуванням необхідних умов).*
Ключові слова: *фотоплетізмограмма, ФПГ, кардіосигнал, АТ, серцево-судинна, серцевий, ритм.*

Annotation: *Nowadays there is no single and unequivocal opinion regarding the amount of diagnostic information on the photoplethysmogram within the framework of polygraph test in the field of lie detection. Because of that fact, some professional schools recommend using a PPG sensor as one of the main sensors, while representatives of other schools do not use this sensor in the tests in principle. Nevertheless, the photoplethysmogram reflects some characteristics of the cardiovascular system, as it was shown in the early studies. Taking into account that fact, the possibility of using a photoplethysmogram instead of cardiac signal data obtained applying a cardiac cuff was examined and tested. To this end, a study was carried out. The results of this investigation reveal a solution to the problem of the impossibility of using a blood pressure sensor (eg., causing discomfort) by applying PPG sensor in the test instead (under the necessary conditions).*
Key words: *photoplethysmogram, PPG, cardiosignal, blood pressure, cardiovascular, cardiac, rhythm.*

References

1. Hloba K. I. Osoblyvosti vykorystannia fotopletyzmohramy pry naiavnosti skladnoshchiv analizu kardiosyhnalu [Specific Features of Using the Photoplethysmogram When the Cardio Signal Is Difficult to Analyse]. Sudovo-psykholohichna ekspertyza. Zastosuvannia polihrafa i spetsialnykh znan v yurydychnii praktytsi. 2018. Vol. 3, No. 6 (18). DOI: https://doi.org/10.53672/ej.6.2018.04. URL: https://expertize-journal.org.ua/detektor-lzhi-poligraf/860-rozen-g-i-psikhofiziologichni-parametri-lyudini-yaki-mozhna-vimiryuvati-dlya-diagnostiki-prikhovuvannya-informatsiji-ta-jikh-spivvidnoshennya-z-uvagoyu-testovanogo (onovlena versiia vid 08.11.2026). [in Ukrainian].