

A NEW METHOD OF VISUALIZATION OF THE BRAIN FUNCTIONAL ACTIVITY DYNAMICS

TIGRAN GHEVONDYAN

National Academy of Sciences

Institute of Physiology after Levon Orbeli

Head of the Laboratory of Electron Microscopy and Histochemistry

Doctor of Medicine, Senior Researcher of the USSR Higher Attestation Commission

tigranghevondyan@yahoo.com

HAKOB GHEVONDYAN

National Academy of Sciences

Institute of Physiology after Levon Orbeli

applicant

Medical Doctor in sport medicine

arzthakgir@gmail.com

INNA ANTONYAN

National Academy of Sciences

Institute of Physiology after Levon Orbeli

Laboratory of Electron Microscopy and Histochemistry

Senior laboratory assistant

antonyan.inna@mail.ru

DOI: 10.54503/2579-2903-2022.1-170

Abstract

Mankind is tirelessly working on improving existing devices, developing new devices for studying the brain, for assessing the cognitive and psycho-emotional state of a person. Currently, to study the functional activity of the brain, devices are used which combine the concepts of PET / CT, fMRT, fNIRS. These methods use X-rays, powerful magnetic fields, infrared rays, and visible light rays.

The purpose of this study was to try to use a heat infrared chamber to visualize the processes of functional activity of the human brain. Several types of infrared cameras were used in our studies, among which the FLIR thermal camera in the CATS62Pro cell phone became the main research hardware. More than 500 thermal images of the head and about 50 thermal video recordings of the head were filmed with it. A comparative analysis of images and video recordings showed a significant advantage of the method of thermal video recordings for studying the functional activity of the brain.

Video recordings of the heads of six men aged 32-85 formed the basis of this study. All six men were united by one sign - the absence of hair on their heads or the fact that they shaved their head hair. In men, non-contact imaging of five parts of the head was made: parietal, frontal, occipital, right and left temporal. Five static frames were cut from each video recordings, respectively, the 1st, 6th, 11th, 16th and 21st

seconds. The arrangement of these static images in a row and their comparative evaluation made it possible to carry out a more detailed assessment of brain activity. During filming, the men sat in a chair and looked at a dimly neutrally painted wall from a distance of about two meters. Filming was carried out in a moderately lit room, at a temperature of 20 degrees Celsius.

Based on the analysis of thermal records, the following results were obtained. Video recordings of the head with a thermal imager make it possible to obtain information of a qualitatively new level compared to thermal photographs and, therefore, video recordings should become the basic method for studying the functional activity of the brain using thermography.

The thermal camera detects and registers the occurrence, presence, movement, extinguishing of warm foci and fields that correspond to functionally active areas of the grey matter of brain.

The functional activity of the brain is observed in all five parts of the head: parietal, frontal, occipital, in both temporal regions. In the simple sitting test used in this study, brain activity is more pronounced in the parietal and occipital parts of the head, which can be explained by the work of the sensorimotor zones of the anterior and posterior central gyri of both hemispheres of the brain, and the cerebellum, to maintain body position.

The movement speed of the active zones on the surface of the head is very high, however, they are completely captured and recorded by the thermal camera due to the high frame rate in infrared video mode (30 frames per second).

A relatively long video recording made it possible to detect an unexpected phenomenon that was remained undetected in thermal photographs [8]. We are talking about "flashes" of infrared radiation, which have different distribution over the area and different intensity. Flashes illuminate the entire or almost the entire head of the subject.

It was found that the frequency of outbreaks varies in different men: from one to five outbreaks in 30 seconds. Preliminary data indicate a possible connection or relationship between the frequency of outbreaks, on the one hand, and the general state of the body, brain functional activity, on the other hand.

To date, the method has three disadvantages: a) the impossibility of recording radiation from the cortex of the lower and inner parts of the brain, including the hippocampus and amygdala, b) the inferiority of thermal images of the head in persons with thick hair on the head, especially in women, c) the need to have at your disposal five of the same type of thermal imaging cameras, since in some studies of the brain it may be necessary to synchronize video recording of brain activity in all five of the above-mentioned sections of the head at the same time.

However, along with its shortcomings, the method has broad prospects for being applied due to its advantages. The advantages are: no contact with the body of the subject during recording or video filming, high spatial, temporal, temperature resolution of the thermal camera, relative cheapness, absolute absence of influence of

the thermal camera on the body, high autonomy from external power sources. Thermal video recording, along with direct transcutaneous electroencephalocorticography, allows getting a picture of the “thought construction” in the brain even before these thoughts are realized by a person. And in comparison with the method of electroencephalocorticography, which is excessively traumatic and fraught with complications, thermal video recording has an important advantage, which gives a live, direct picture on-line. In addition, in the case of corticography, obtaining a picture is mediated through the transformation of electrical impulses into a color picture, through image reconstruction programs. Already today, the use of thermal video recording of the head is able to independently solve a number of problems in the areas of clinical resuscitation, neurosurgery, neurology, psychiatry, psychophysiology, for the early detection of autism in children, in the field of lie detection, in assessing the condition of astronauts in spaceships and stations. Undoubtedly, with all its limitations, the presented method of thermal videography is a valuable addition to the well-known widely used methods for studying the brain.

Keywords and phrases: brain, visualization of dynamic brain activity, infrared radiation of human brain.

**ՈՒՂԵՂԻ ԳՈՐԾԱՌՆԱԿԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՐԵՎԱԿԱՆ
ՆՈՐ ՄԵԹՈԴ**

ՏԻԳՐԱՆ ՂԵՎՈՆԴՅԱՆ

ՀՀ Գիտությունների ազգային ակադեմիայի
Լ.Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի գիտահետազոտական ինստիտուտի
Էլեկտրոնային մանրագնման և հիստոքիմիայի լաբորատորիայի վարիչ,
բժշկական գիտությունների դոկտոր,
ԽՍՀՄ բարձրագույն ատեստավորման հանձնաժողովի ավագ
գիտաշխատող
tigranghevondyan@yahoo.com

ՀԱԿՈՐ ՂԵՎՈՆԴՅԱՆ

ՀՀ Գիտությունների ազգային ակադեմիայի
Լ.Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի գիտահետազոտական ինստիտուտի
հայցորդ,
սպորտային բժիշկ-մասնագետ
arzthakgir@gmail.com

ԻՆՆԱ ԱՆՏՈՆՅԱՆ

ՀՀ Գիտությունների ազգային ակադեմիայի
Լ.Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի գիտահետազոտական ինստիտուտի
Էլեկտրոնային մանրագնման և հիստոքիմիայի լաբորատորիայի ավագ
լաբորանտ
antonyan.inna@mail.ru

Համառոտագիր

Մարդկությունն անխոնջ աշխատում է գոյություն ունեցող սարքերի կատարելագործման և նոր սարքերի մշակման ուղղությամբ ուղեղն ուսումնասիրելու, մարդու ճանաչողական և հոգեհուզական վիճակը գնահատելու համար: Ներկայումս ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվությունն ուսումնասիրելու համար օգտագործվում են սարքեր, որոնց միավորում են **PET/CT, fMRT, fNIRS** հասկացությունները: Այս մեթոդները օգտագործում են ռենտգենյան ճառագայթներ, հզոր մագնիսական դաշտեր, ինֆրա-կարմիր ճառագայթներ և տեսանելի կարմիր լույսի ճառագայթներ:

Այս հետազոտության նպատակն է՝ օգտագործել ջերմային ինֆրակարմիր տեսախցիկը՝ մարդու ուղեղի ֆունկցիոնալ գործունեության գործընթացները դրսևորելու համար: Մեր ուսումնասիրություններում օգտագործվել են ինֆրակարմիր տեսախցիկների մի քանի տեսակներ, որոնցից CATS62Pro բջջային հեռախոսի FLIR ջերմային տեսախցիկը դարձել է հիմնական հետազոտական սարքավորումը: Դրանով նկարահանվել են գլխի ավելի քան 500 ջերմային պատկերներ և գլխի շուրջ 50 ջերմային տեսագրություններ: Պատկերների և տեսագրությունների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվության ուսումնասիրման ջերմային տեսանկարահանման մեթոդի նշանակալից առավելությունը:

Այս հետազոտության հիմքում ընկած են 32-85 տարեկան վեց տղամարդկանց գլուխների տեսագրությունները: Բոլոր վեց տղամարդկանց միավորում է մեկ նշան՝ գլխի մազերի բացակայությունը: Կատարվել է տղամարդկանց գլխի հինգ մասերի ոչ կոնտակտային տեսանկարահանում՝ գագաթային, ճակատային, ծոծրակային, աջ և ձախ քունքային հատվածներից: Տեսագրություններից կտրվել են հինգ ստատիկ կադրեր, համապատասխանաբար՝ 1-ին, 6-րդ, 11-րդ, 16-րդ և 21-րդ վայրկյանները ներկայացնող: Այս ստատիկ պատկերների շարքերով դասավորելը և դրանց համեմատական գնահատումը հնարավորություն են տվել իրականացնելու ուղեղի գործունեության ավելի մանրամասն գնահատում: Նկարահանումների ժամանակ տղամարդիկ նստած են եղել աթոռին և մոտ երկու մետր հեռավորությունից նայել են աղոտ չեզոք ներկված պատին: Նկարահանումն իրականացվել է չափավոր լուսավորված սենյակում՝ Յելսիուսի 20 աստիճան ջերմաստիճանում:

Ջերմային գրառումների վերլուծության հիման վրա ստացվել են հետևյալ արդյունքները: Գլխի տեսագրությունները ջերմային խցիկով հնարավորություն են տալիս ստանալու որակապես նոր մակարդակի տեղեկատվություն ջերմային լուսանկարների համեմատ, և, հետևաբար, ջերմատեսագրությունները պետք է դառնան ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվության ուսումնասիրության հիմնական մեթոդը:

Ջերմային տեսախցիկը հայտնաբերում և գրանցում է ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվ հատվածներին համապատասխանող տաք օջախների և դաշտերի առաջացումը, առկայությունը, շարժումը, թուլացումը, մարումը:

Ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվությունը դիտվում է գլխի բոլոր հինգ մասերում՝ գագաթային, ճակատային, ծոծրակային, երկու քունքային

շրջաններում: Այս հետազոտության մեջ օգտագործված թեստային փորձի ժամանակ ուղեղի ակտիվությունն ավելի արտահայտված է գլխի գագաթային և ծոծրակային հատվածներում, ինչը կարելի է բացատրել մարմնի դիրքը պահպանելու համար ուղեղի երկու կիսագնդերի առաջային և հետին կենտրոնական գալարների զգայական և շարժիչ գոտիների և ուղեղիկի աշխատանքով:

Գլխի մակերևույթի վրա ակտիվ գոտիների շարժման արագությունը շատ բարձր է, սակայն դրանք ամբողջությամբ ֆիքսվում և գրանցվում են ջերմային տեսախցիկով՝ ինֆրակարմիր վիդեո ռեժիմում կադրերի գրանցման բարձր արագության շնորհիվ (վայրկյանում 30 կադր):

Գլխի համեմատաբար տևական ջերմատեսագրությունը հնարավորություն տվեց հայտնաբերելու անսպասելի մի երևույթ, որը չբացահայտված էր մնացել ջերմային լուսանկարներում: Խոսքը ինֆրակարմիր ճառագայթման «բռնկումների» մասին է, որոնք տարբեր բաշխվածություն ունեն՝ ըստ տարածության և ինտենսիվության: Փայլերը լուսավորում են հետազոտվողի ամբողջ կամ գրեթե ամբողջ գլուխը:

Պարզվել է, որ տարբեր տղամարդկանց մոտ բռնկումների հաճախականությունը տատանվում է մեկից մինչև հինգ բռնկում՝ 30 վայրկյանում: Նախնական տվյալները խոսում են մի կողմից բռնկումների հաճախականության, մյուս կողմից՝ մարմնի ընդհանուր վիճակի, ուղեղի ֆունկցիոնալ ակտիվության միջև հնարավոր կապի առկայության մասին:

Այսօրվա դրությամբ մեթոդն ունի երեք թերություն՝ ա) առայժմ անհնար է գրանցել ուղեղի ստորին և ներքին հատվածների կեղևից, ներառյալ ջրածիու գալարներից և նշիկներից ինֆրակարմիր ճառագայթումը, բ) մազառատ գլխով մարդկանց մոտ գլխի ջերմային պատկերներն անբավարար որակի են, գ) երբեմն պետք է ունենալ նույն տեսակի մի քանի ջերմատեսախցիկներ, քանի որ ուղեղի որոշ ուսումնասիրությունների դեպքում կարող է անհրաժեշտություն առաջանալ համապատասխանեցնելու ուղեղի գործունեության միաժամանակ տեսագրումը գլխի՝ վերը նշված բոլոր հինգ հատվածներում:

Այնուամենայնիվ, թերություններով հանդերձ՝ մեթոդն իր առավելությունների շնորհիվ ունի կիրառման լայն հեռանկարներ: Առավելություններն են՝ լուսագրման կամ տեսանկարահանման ընթացքում հետազոտվողի մարմնի հետ կոնտակտի բացակայություն, ջերմային տեսախցիկի բարձր տարածական, ժամանակային, ջերմաստիճանային լուծարում, հարաբերական էժանություն, մարմնի վրա ջերմային տեսախցիկի ազդեցության

բացարձակ բացակայություն, էլեկտրաէներգիայով սնման արտաքին աղբյուրներից բարձր ինքնավարություն: Ջերմային տեսագրությունը, ուղղակի կամ մաշկաթափանց էլեկտրաէնցեֆալոկ որտիկոգրաֆիայի եղանակի հետ մեկտեղ, թույլ է տալիս պատկերացում կազմել ուղեղում «մտքերի կառուցման» գործընթացի մասին նույնիսկ նախքան այդ մտքերը մարդու կողմից գիտակցելը, իմանալը: Ջերմային նկարների դինամիկան մտքերի դինամիկայից առաջ է ընկնում, իսկ չափազանց տրավմատիկ և բարդություններով հղի կորտիկոգրաֆիայի մեթոդի համեմատ ջերմային տեսանկարահանումն ունի կարևոր առավելություն. տալիս է կենդանի, ուղիղ պատկեր (on-line): Բացի այդ, կորտիկոգրաֆիայի դեպքում նկար ստանալը միջնորդվում է էլեկտրական իմպուլսները գունավոր պատկերի վերածելու գործընթացով՝ պատկերի վերակառուցման ծրագրերի միջոցով: Արդեն այսօր գլխի ջերմային տեսագրման օգտագործումը ի վիճակի է ինքնուրույն լուծելու մի շարք խնդիրներ կլինիկական վերակենդանացման, նյարդավիրաբուժության, նյարդաբանության, հոգեբուժության, հոգեֆիզիոլոգիայի, երեխաների մոտ աուտիզմի վաղ հայտնաբերման, ստի բացահայտման բնագավառներում, տիեզերանավերում և տիեզերական կայաններում տիեզերագնացների վիճակի գնահատման ժամանակ: Անկասկած, իր բոլոր սահմանափակումներով հանդերձ, ջերմային տեսանկարահանման ներկայացված մեթոդը արժեքավոր համալրում է ուղեղի ուսումնասիրման ժամանակակից լայնորեն կիրառվող մեթոդների շարքում:

Բանալի բառեր և բառակապակցություններ. ուղեղ, ուղեղի դինամիկ ակտիվության տեսագրում, մարդու ուղեղի ինֆրակարմիր ճառագայթում:

НОВЫЙ МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

ТИГРАН ГЕВОНДЯН

Национальная академия наук Республики Армения
Институт Физиологии им. Л.А.Орбели
руководитель лаборатории электронной микроскопии и гистохимии,
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник ВАК СССР
tigranghevondyan@yahoo.com

АКОП ГЕВОНДЯН

Национальная академия наук Республики Армения
Институт Физиологии им. Л.А.Орбели
соискатель
врач – специалист по спортивной медицине
arzthakgir@gmail.com

ИННА АНТОНЯН

Национальная академия наук Республики Армения
Институт Физиологии им. Л.А.Орбели
старший лаборант лаборатории электронной микроскопии и гистохимии
antonyan.inna@mail.ru

Аннотация

Человечество неустанно работает над усовершенствованием существующих устройств, разрабатывает новые аппараты для исследования головного мозга, для оценки когнитивного и психоэмоционального состояния человека. В настоящее время для исследования функциональной активности мозга применяются аппараты, которые объединяют понятия PET/CT, fMRT, fNIRS. Эти методы используют рентгеновские лучи, мощные магнитные поля, инфракрасные лучи и видимый красный свет.

Целью настоящего исследования являлась попытка использовать теплокамеру для визуализации процессов функциональной активности головного мозга человека. В наших исследованиях были использованы несколько типов инфракрасных камер, среди которых теплокамера FLIR в сотовом телефоне CATS62Pro стала основным аппаратным средством исследования. С его помощью засняты более 500 тепловых снимков головы и около 50 тепловых видеозаписей головы. Сопоставительный анализ снимков и видеозаписей показал существенное преимущество способа тепловых видеозаписей для исследования функциональной активности мозга.

Видеозаписи головы шести мужчин в возрасте 32-85 лет легли в основе настоящего исследования. Всех шестерых мужчин объединял один признак – отсутствие волосяного покрова на голове или то, что они сбрили волосы на

голове. У мужчин производили бесконтактную съемку пяти частей головы: париетальной, лобной, затылочной, правой и левой височной. Из каждой видеозаписи были вырезаны пять статичных кадров, соответственно 1-ой, 6-ой, 11-ой, 16-ой и 21-ой секунды. Расположение в ряд этих статичных снимков и их сравнительная оценка позволила осуществить более подробную оценку мозговой активности. Во время съемок мужчины находились в сидячем положении на стуле и смотрели на неярко нейтрально окрашенную стену с расстояния около двух метров. Съемки производились в умеренно освещенном помещении, при температуре 20 градусов Цельсия.

На основании анализа термозаписей получены следующие результаты. Видеозаписи головы тепловизором позволяют получать по сравнению с теплофотоснимками качественно нового уровня информацию и, следовательно, видеозаписи должны стать базовым, основным методом исследования функциональной активности мозга методом термографии.

Термокамера выявляет и регистрирует возникновение, наличие, перемещение, гашение теплых очагов и полей, которые соответствуют функционально активным участкам мозга.

Функциональная активность мозга отмечается во всех пяти частях головы: париетальной, лобной, затылочной, в обеих височных областях. При использованном тест-эксперименте в данном исследовании активность мозга более выражена в париетальной и затылочной частях головы, что можно объяснить работой сенсомоторных зон передней, задней центральных извилин обоих полушарий мозга и мозжечка для поддержания положения тела.

Скорость перемещений активных зон на поверхности головы очень высокая, однако они полностью улавливаются и регистрируются термокамерой благодаря высокой частоте записи кадров в инфракрасном видео режиме (30 кадров в секунду).

Продолжительная видеозапись позволила впервые обнаружить неожиданное явление, которое оставалось невыявленным на тепловых фотоснимках. Речь идет о “вспышках” инфракрасного излучения, которые имеют разную распространенность по площади и разную интенсивность. Вспышки освещают всю или почти всю голову исследуемого.

Было обнаружено, что частота вспышек варьирует у разных мужчин: от одного до пяти вспышек за 30 секунд. Предварительные данные указывают на возможную связь или зависимость между частотой вспышек, с одной стороны, и общим состоянием организма, мозговой функциональной активностью, с другой стороны.

На сегодняшний день у метода три недостатка: а) невозможность регистрации излучений из коры нижних и внутренних отделов мозга, в том числе из гипокампа и амигдалы, б) неполноценность тепловизионных картин головы у лиц с густым волосным покровом головы, особенно у женщин, в) необходимость иметь в распоряжении пять однотипных тепловизионных камер,

так как при некоторых исследованиях мозга может возникнуть необходимость в синхронизированной видеозаписи мозговой активности во всех пяти вышеупомянутых отделах головы одновременно.

Однако наряду недостатками у метода широкие перспективы быть примененным благодаря его преимуществам. Преимуществами являются: почти мгновенное получение картин и видеозаписи, отсутствие контакта с телом исследуемого в процессе записи или видеосъемки, высокое пространственное, временное, температурное разрешение у термокамеры, относительная дешевизна, абсолютное отсутствие влияния работы термокамеры на организм, высокая автономность от внешних источников электропитания. Термовидеозапись наряду с методом прямой или чрескожной электроэнцефалокортикографией позволяет получить картину “строительства“ мыслей в мозгу еще до того, как эти мысли могут быть осознаны человеком. Динамика термокартин опережает осознание мысли. А по сравнению с методом кортикографии, которая чрезмерно травматична, может быть выполнена в высокоспециализированной клинике и чревата осложнениями, термовидеозапись обладает важным преимуществом, что выдает on-line живую прямую картину. Вдобавок в случае кортикографии получение картины опосредовано через превращения электрических импульсов в цветную картину, через программы image reconstruction. Уже сегодня применение термовидеозаписи головы в состоянии самостоятельно решать ряд задач в областях: клинической реаниматологии, нейрохирургии, неврологии, психиатрии, психофизиологии, для раннего выявления аутизма у детей, в области детекции лжи, в оценке состояния космонавтов в космических кораблях и станциях. Несомненно, при всех своих ограничениях представленный метод термовидеографии является ценным дополнением для известных, широко применяемых методов исследования мозга.

Ключевые слова и словосочетания: головной мозг, визуализация динамической активности мозга, инфракрасное излучение мозга человека.

Introduction

The desire of mankind to somehow read the thoughts of another person or animal, to predict his actions, has always tormented the minds of people. This desire initially gave rise to all sorts of magical techniques, now recognized as pseudoscientific research methods, in particular, for example, phrenology [1, 2]. According to the theory-positions of phrenology, based on craniometric data, it is supposedly possible to judge the mental and cognitive characteristics of a person [1, 2]. The development of neurophysiology supplanted phrenology and society lost interest in it.

In recent decades, the list of methods for radiation, radiological, and field vital studies of the brain has been significantly expanded. Objective methods for studying the brain and its function have emerged and rapidly developed. These methods include X-ray (RG), computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI).

These methods make it possible to visualize the structural organization and structural disorders of the brain. Improvements in these methods have made it possible to create methods of positron emission tomography (PET), PET in combination with CT (PET/CT), and functional magnetic resonance imaging (fMRI).

These last three methods are already able to visualize functionally active foci, and zones of the brain. Along with the above-mentioned methods, the method of electroencephalography is widely used in the study of the brain for diagnostic and research purposes. Sometimes, during craniocerebral operations, open corticoencephalography is performed. Recently with special diagnostic purposes in patients with epilepsy, sometimes forced to resort to transcutaneous electrocorticoencephalography (TC ECoEG). These last two methods make it possible to trace the activity of the brain to the greatest extent, and, first of all, the gray matter of the brain in the cortex and the subcortical gray nodes.

Each of these methods has its advantages and disadvantages. X-ray radiography and computed tomography, conventional MRI is not able to reveal or provide karting about the functional state of the brain (of course, according to the structural picture, one can, to a certain extent, judge the health and pathology of the brain). PET/CT scan method - mainly aimed at the visualization of oncological substrates - volumetric formations in the brain.

Functional MRI is an expensive research method, the equipment necessary for its implementation is always installed only permanently, the method reveals a generally static picture of the activity of the gray matter of the brain, i.e. it is slow and not always suitable for solving diagnostic and research problems.

The electroencephalography method (EEG) can demonstrate all the electrical activity of the brain, but it is also a stationary method, inexpensive like an MRI, but not cheap either. Today's EEG devices allow you to convert different electrical activities into a multi-colored picture projected onto a brain model. However, at the same time, it remains a stationary method, with a certain cost of research, which consists of the costs of employees, premises, and equipment.

The transformation into a color map of the image of the electrical activity of the cortex, which is obtained by transcutaneous direct electroencephalo corticography, is very informative. However, the method is very traumatic, a rare patient agrees with this. Transcutaneous electroencephalo corticography can be made only in stationary conditions in specialized clinics. It is fraught with serious complications.

In 1977 F.F. Jobsis [3] was the first to demonstrate the possibility of non-invasive optical measurements of blood flow to the brain. In the last few decades after its publication, a technique called functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) has been applied to study various areas of the brain, including the frontal, visual, motor, auditory, and somatosensory cortices. FNIRS is a non-invasive brain imaging technique that uses near-infrared and visible (red) light to visualize changes in oxy- and deoxyhemoglobin using sensors placed on the surface of the head [4, 5, 6, 7].

The fNIRS signal is based on changes in the optical absorption of oxygenated and deoxygenated forms of hemoglobin in tissue. This provides functional contrast similar to the MRI BOLD functional signal (depends on blood oxygen level); reflecting changes in regional blood flow in brain areas involved in the processing of functional tasks. Several previous studies (reviewed in [4, 5, 6, 7]) have shown a close match between the fNIRS and fMRI signals, with temporal and spatial (linear) correlations up to $R=0.98$ and $R=0.86$, respectively.

Thus, fNIRS can provide functional information about the brain that is directly related to fMRI.

As will become clear from the further presentation of the article, the fNIRS method, along with its advantages, also has several serious disadvantages, especially compared to our method, which will be described later. The first serious drawback is that with fNIRS, you have to expose the brain to radiation - electromagnetic waves: infrared rays, the visible spectrum of red light.

No matter how minimal this effect was, anyway, to a certain extent, it can make changes in the metabolism of the nervous tissue, the functioning of neurons, and even itself will affect the characteristics of blood flow. The purity of the experiment is violated.

Since this is an impact on a person, therefore, a preliminary written agreement of the person who will be subjected to such a study is necessary. The second drawback of fNIRS is that with this method, the sensors respond to changes in blood flow in the brain tissue. At the same time, it is well known that the blood flow has certain inertia, that is, changes in blood flow occur slowly.

It will take some time for the blood flow to change, at least a few seconds, while the "thoughts" in the brain are very fast, they don't wait, they can't wait, and electrical activity precedes changes in blood flow. It is also impossible to exclude that sometimes the blood flow is delayed, and sometimes it does not have time to turn on, since the areas of brain activity "jump" from one place to another very quickly. The blood flow response can be significant when the same area of the brain works for a certain period.

In the last decade, the method of thermography has appeared, which in medicine and biology is gaining new areas of application every year. One unexpected case helped us to see the thermography method at work and quite quickly imagine in our minds the serious prospects for using thermography in brain research.

Theoretical and methodological foundations of the developed method.

To visualize and record the electrical activity of the gray matter of the cerebral cortex (until we can talk about the subcortical nuclei, about deeply located areas of the gray matter), a thermal camera (recorder - detector of infrared rays) is used, which registers the infrared rays that arise in the gray matter of the brain during its activation. During the work of the gray matter, blood flow to this area of the brain increases, and the metabolism of neurons in this area increases, which is accompanied by increased heat generation.

The released heat is partially carried away by the bloodstream, partially transferred to the surrounding intercellular substance, and then to the environment through convection, and part of the heat is irradiated again into the environment in the form of electromagnetic waves, in particular, also in the form of infrared rays. We assume that some of the energy is also emitted in the radio wave range. Part of the electromagnetic waves with a length of $0,7\mu\text{m}$ - $1,4\mu\text{m}$ can be fixed by thermal imagers. These infrared rays are caught by a thermal camera, which visualizes - and depicts a picture on a screen [8].

The heat camera must be sensitive to the wavelength range 700nm-1400nm, be highly sensitive: at least $\leq 0.1^\circ\text{C}$, be fast to register a video image (frame rate – not less than 30/sec), that is, have a high spatial and temporal resolution. The picture on the screen is represented by colored thermal zones - areas.

Registration of own thermal rays of the human brain has not been previously performed. Registration can be carried out as separate photo frames and in the form of video filming. The following parameters are derived from the thermal picture:

The thermography method, compared to other methods of brain radiography, has one or more serious advantages! We used to be fond of photographing the brain with an infrared camera [8]. We did not immediately switch, did not immediately begin to use the biggest advantage of the infrared camera. This advantage lies in the possibility of high-speed video recording of changes in the activity of the cortical substance, the cerebral cortex, while the recording is made at a high speed (30 frames per second) and simultaneous recording is made from the entire head.

If there are 5 cameras, the parietal region, and two temporal regions, the frontal region and the occipital region are recorded simultaneously. Then the records from all five sections are placed on the display in the form of a cross.

This deployment is tempting as it achieves a coherent picture, but there are difficulties in making measurements. We do not yet have information on whether there are computer-software methods for measuring the characteristics parameters of a video recording and, if they exist, what parameters can be or should be pumped out, extracted from a dynamic picture. We know that morphometric and possibly stereological methods can be used to measure a static picture.

For now, thoughts come to mind. that perhaps a video picture can be turned into several static pictures, more precisely, from the entire video picture, make copies of a certain number of frames, for example, take out-cut frames from a 30-second video recording (from the 1st, 6th, 11th, 16th, 21st seconds). It is also possible for studies that do not require high accuracy to take two frames with minimum and maximum characteristics-values of the studied parameters - for example, area or intensity-brightness, i.e. temperature.

One of the goals of making a thermal photo or thermal video recording is to identify: the functional activity of the cortex, identify areas of the cortex involved in the implementation of a specific cognitive, psycho-emotional, psychomotor task, determine the number of fields, their topography, the chronology of their activation,

area and the brightness of these areas, the duration of their activity, the speed of their appearance-emergence, the duration of existence, the rate of changes.

Material and research methods.

Almost 800 photographs and video recordings of the head, face, and limbs of more than 70 people of both sexes, different nationalities, and different races were subjected to a multilateral study. Some participants had to be filmed multiple times, which was based on the requirements for the development of different sides of the method. The age of the participants ranged between 2 years and 86 years. Filming has been carried out since 2009 with five types of thermal imagers: a NASA thermal imager installed in the Washington Museum of Aeronautics and Astronautics, thermal imagers presented at other exhibitions, thermal imagers FLIR installed on mobile phones CAT 60, CAT61, CAT S62pro.

The head video recordings used for this study were made with the CAT S62 Pro. Since the aim of the study was to find out whether it is possible to make high-quality video recordings of the activity of the cortical substance of the brain and collect preliminary basic data on the cortical activity of the brain in relatively calm conditions, we made video recordings of five parts of the head of people: parietal, frontal, occipital, right and left temporal parts. The distance between the scalp and the camera was kept at a distance of 25-30 cm, and the duration of the video recording was 30-35 seconds. Video recording was started 10 seconds after the screen stabilized.

The shooting was carried out both in the dark and in a uniformly lit room with a temperature of 20-21 degrees Celsius. A comparison of the results did not show significant differences in the quality of video recordings made in the dark and under lighting, therefore, in the future, video recordings were made in a uniformly lit room. In order not to distract the subject's attention from any fluctuation movements in the subject's room, he sat facing the wall, painted monotonously in a gray general background, at a distance of two meters.

Naturally, this did not guarantee the complete exclusion of external, and even more so internal influences on the brain, since as long as we are not able to turn off the thoughts that arise spontaneously in the head of the person, especially when his eyes are open, he is passively awake. There were no active movements. In addition, all examined persons were sitting on a chair, which implies a certain tone of the muscles of the legs of the back, abdomen, and arms.

The videos were transferred to a computer and using Movavi Video Converter 22 Premium and Video MASTER, they cut out the first five frames of 30 seconds of each video, respectively the 1st, 6th, 11th, 16th, and 21st seconds.

The results of the study and their discussion.

As a result of repeated viewing of video recordings and 150 images of the head of six adult men aged 32–85 years cut from the video recording (Fig. 1), it was noted that gray matter activity varies throughout the entire recording (30 seconds) in all parts

of the brain. Relatively high activity is noted in the parietal and occipital parts of the head. Obviously, in the parietal part, the motor zones of the parietal lobes of the brain are projected, which provide efferent impulses for the work of the muscles of the legs, the back of the chest of the neck at least.

Neighboring sensitive zones are in permanent activity due to afferent impulses from the proprioceptors of the muscles, and tendons of the aforementioned parts of the human body. Therefore, foci of permanent activity are observed in the parietal part of the head. At the same time, in one observation, when a man's left hand did not work actively for a long time due to illness and surgery, there was a decrease in activity in the sensorimotor part of the right hemisphere of the brain.

In second place in terms of activity, judging by the area and transparency of the light areas in the occipital part of the head. Two types of activity occur here, in some cases, the light area is located more centrally, in other cases, the light area is separated by a middle relatively "cold isthmus". Here, in all

Fig. 1. Infrared images of different parts of the head of a man aged 74 (J.S.). Snapshots are “cut” from head videos after every 5 seconds, vertical columns: on 1-st, 6-th, 11-th, 16-th and 21-st seconds. From above, horizontal rows: parietal part, frontal part, occipital part, right temporal part, left temporal part.

likelihood, there is a permanent activity of the cerebellum, which ensures balance and tone of the muscles involved in maintaining balance.

The frontal part, almost in all examined patients, is relatively passive, “cold”, which can be explained by the peculiarity of the experiment: the examined men sat on a chair, without tension and looked at an empty wall, as far as possible observing or following our advice not to burden themselves with thoughts or thinking.

The temporal parts have their own peculiarity to appear in the paintings. In the lateral projections of the head, the anterior part of the head is well visualized, which, firstly, is mainly devoid of hair and

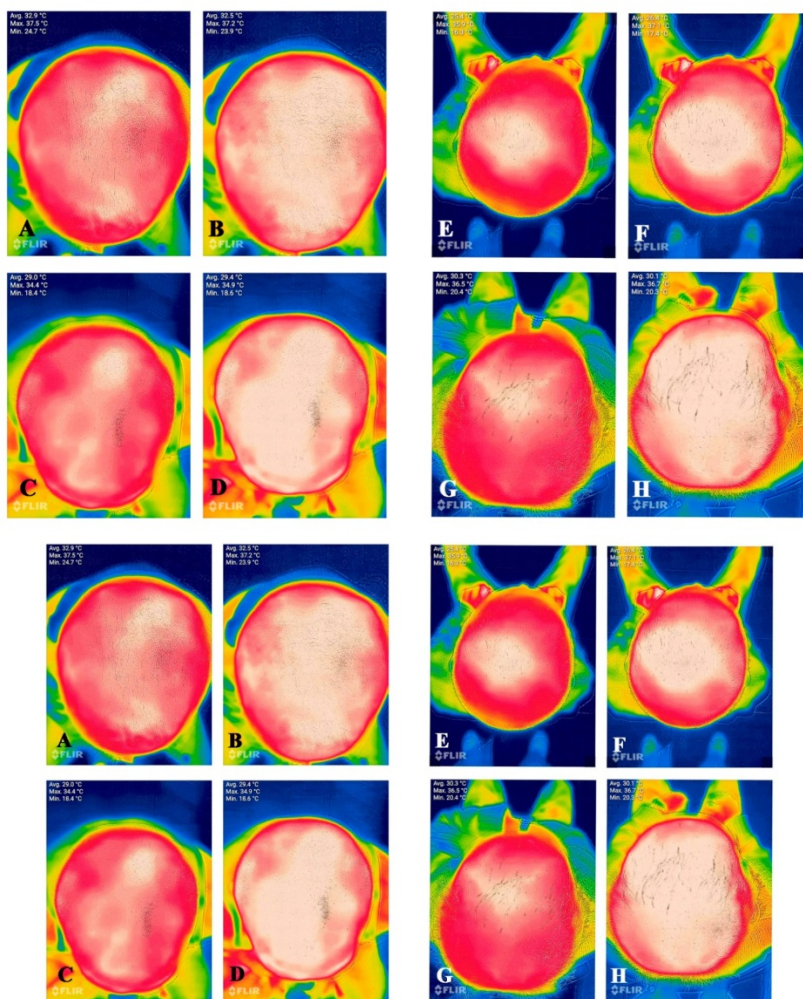


Fig. 2. Infrared images of the parietal part of the head of four men: (AB) at the age of 41, (HG); (CD) at the age of 32 (SM), (EF); at the age of 65 (KP); and (GH) at the age of 85 years (JS). On the left are pictures in the normal state-mode, on the right are pictures at the time of the flash.

Corresponds to the projection of the lateral surface of the frontal lobes. In almost the majority of those examined in the back half of the lateral part of the head, the hairline prevented obtaining clear images.

It is worth dwelling separately on one phenomenon that became visible only thanks to the possibility of video recording. We are talking about a phenomenon that can be conditionally called a flash (Fig. 2). This is when an instant, very short-term enlightenment of the head occurs. We observed this phenomenon in all six bald men whose heads were filmed in video mode. It was noticeable that the intensity and frequency of the outbreak varied in different men, sometimes reaching full enlightenment of the head, face and neck. The frequency of outbreaks also varied widely, ranging in 30 seconds: 1 time, 2 times, 2 times, 3 times, 3 times and 5 times in six men respectively. From the anamnestic data of men, a possible positive correlation emerged between the pulse-heart rate on the one hand, and, on the other hand, with the frequency and intensity of outbreaks. In outbreaks, not only parts of the brain are involved, but also the face and neck. This phenomenon requires a separate study and interpretation. For now, it suffices to note that the neck, covered with clothing, is able to retain additional heat.

In some pictures you can see (Fig. 3) with the naked eye that flashes also affect the environment, causing

Fig.3. Pictures cut from the video of the examined. In pictures marked with (a), activity-warmth corresponds to the average level of activity. In the pictures marked (b) the moment of the flash. The outbreak spreads differently in different people: in some surveyed, the warm area expands, as for example in frames: 7b, 11b; in others, the outbreak spreads to all parts of the head, as for example in frames: 9b, 10b it to become lighter - “warm”. Warming is expressed by the acquisition of a light blue or bluish color of the environment, which is especially noticeable, for example, in photographs: 2a-2b, 8a-8b, (Fig. 3).

For obvious reasons, we could not notice these flashes on static images taken with the same FLIR camera CAT S62Pro, since the frequency of flashes is low: from 1 to 5 flashes per 30 seconds. And the first flashes noticed at the beginning of the research were regarded by us as a malfunction of the apparatus, errors in filming, non-compliance with all the rules, that is, they were considered errors, interference. We began to think more about the cause of their occurrence when we found out that there are no such or similar flashes when shooting a heat source of inanimate objects, for example, a heating radiator with a temperature of up to 60 degrees.

Conclusion

The first application of head thermography and the preliminary data obtained indicate the ability of human head thermography to detect the activity of the gray matter of the brain. A thermal video recording made it possible to follow the dynamics of changes in active areas of the brain surface in the mode of high temporal, spatial, and temperature image resolution: Video recording frequency 30 frames per second, 16 MB for the chip, thermal sensitivity ≤ 0.1 ° C made it possible to obtain both color images and video color films of sufficient duration, with fixation of all configuration changes, spatial movements of active fields on the surface of the head. A video recording of infrared radiation was made from projections of five different parts of the brain on the head: the parietal part (corresponding to the parietal lobes of the brain), the face and frontal part of the head (corresponding to the anterior part of the frontal lobes of the brain), the occipital part of the head (corresponding to the posterior parts of the occipital lobes and the cerebellum), right and left temporal parts of the head (corresponding to both temporal lobes of the brain). Practically, the lower surface and deep parts of the brain remain uncovered.

In a relatively calm, sitting position of a person, a relatively large activity of the brain is observed in the parietal and occipital parts of the head, which corresponds to the sensorimotor zone of the anterior and posterior central gyri of the parietal lobe of the brain and the two hemispheres of the cerebellum.

In the course of the research, a new, previously unknown phenomenon of “flashes-emissions” of infrared rays of the head was discovered, creating the impression that, as it were a “discharge” of excessive energy stress on the head. This phenomenon was found in all 6 men examined by videotape. It can be assumed that this phenomenon is widespread in humans, or even it is possible that it is common to

all people. The answer to this question requires further targeted research. No less interesting and important is the fact that the frequency of these “flash discharges” is different for different individuals. We have so far counted from one “flash” (minimum number) to five “flashes” (maximum number) in 30 seconds. A picture is also emerging of the presence of a direct correlation between the degree of brain activity, the state of the human cardiovascular system, on the one hand, and the frequency of flash discharges, on the other. The number and intensity of “flashes” from the head can probably become additional parameters characterizing the activity and speed of the brain of a particular person.

Comparison of existing information on the functional activity of the brain, obtained on the one hand by already known methods (PET/CT, fMRT, fNIRS, direct or transcutaneous electroencephalocorticography) and the method presented in this study, on the other hand, clearly demonstrates certain advantages of the method of thermal video recording of brain activity: simplicity, high spatial, temporal and temperature resolutions in video filming of very fast processes of highly variable brain activity, obtaining direct on-line life images.

The CATS62Pro thermal camera keeps up well with changes in activity in the brain tissue since the frame rate of the CATS62Pro thermal camera video recording is 30 frames per second, which is much higher than the same indicator for fNIRS (4Hz). For other methods, this figure is even lower. When you try to increase the frequency in PET / CT, fMRT, fNIRS, the quality of the images drops sharply. Thanks to this, the slightest and even very fast changes occurring in the cerebral cortex are recorded by video thermography in online mode, in a live image, without the need to create a virtual image, to do image reconstruction, and the resulting video is immediately ready for further analysis and study. And in comparison with the method of corticography, which is excessively traumatic and fraught with complications, thermal video recording has an important advantage, which gives a live, direct picture online. In addition, in the case of corticography, obtaining a picture is mediated through the transformation of electrical impulses into a color picture, through image reconstruction programs.

Another area of application and implementation of the developed method may be astronautics. I believe that there are certainly certain, proven methods for assessing the general condition of astronauts who are in a space flight of different prescriptions: in a spacecraft, in a space station. The video thermography method will be a worthy addition to several existing methods. The assessment of the cosmonaut's condition will become especially relevant during long upcoming interplanetary flights.

This method also has significant disadvantages or limitations, and among them: a) the impossibility of recording radiation from the cortex of the lower and internal parts of the brain, including the hippocampus and amygdala, b) the inferiority or low quality of thermal images of the head in persons with abundant hair on the head, especially for women, c) the need to have five of the same type of infrared cameras at their disposal, since in certain studies it may be necessary to simultaneously record brain activity from all five of the above-mentioned sections of the head. The last

limitation is more of a financial problem and can be resolved more quickly. It seems to us that over time we will either be able to find existing suitable methods or develop original approaches ourselves that will eliminate these limitations. Already today, the application of the method presented in the work can independently solve unique problems in the fields of clinical resuscitation, neurosurgery, neurology, psychiatry, psychophysiology, for the early detection of autism in children, in the field of lie detection, in sports and sports medicine. Undoubtedly, with all its limitations, the presented method of dynamic and continuous thermal video recording is a valuable addition to the well-known widely used methods for studying the brain.

References

1. Галь, Франц Йозеф. Википедия.
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8C_%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86_%D0%99%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%84
2. Френология. Википедия.
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F> 20.01.2021
3. Jobsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science*. 1977;198(4323):1264– <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/929199/>
4. Chance B, Leigh JS, Miyake H, Smith DS, Nioka S, Greenfield R, Finander M, Kaufmann K, Levy W, Young M, et al. Comparison of time-resolved and -unresolved measurements of deoxyhemoglobin in brain. *Proc Natl AcadSci U S A*. 1988;85(14):4971–5. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3393526/>
5. Cope M, Delpy DT, Reynolds EO, Wray S, Wyatt J, van der Zee P. Methods of quantitating cerebral near infrared spectroscopy data. *AdvExp Med Biol*. 1988;222:183–9. [PubMed] [Google Scholar] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3129910/>
6. Helmet Karim, Benjamin Schmidt, Dwight Dart, Nancy Beluk and Theodore Huppert Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) of Brain Function During Active Balancing Using a Video Game System. *Gait Posture*, 2012 Mar: 35(3), 367-372. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22078300/>
7. Huppert T, Franceschini M, Boas D. Noninvasive Imaging of Cerebral Activation with Diffuse Optical Tomography. In: Frostig R, editor. *In Vivo Optical Imaging of Brain Function*. CRC Press; Boca Raton: 2008. In press. [Google Scholar] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20225/>
8. Гевондян Т., Гевондян А., О новой возможности визуализации корковой активности головного мозга путем регистрации инфракрасного излучения головы. В материалах международной конференции: “Инновационные возможности и вызовы в современном мире”. Ереван, НАИРИ 2018, с. 517-523.