



ОД ПРАКТИКАТА ЗА ПРАКТИКАТА

ДИГИТАЛНИТЕ ИГРИ КОИ СЕ УПРАВУВААТ СО ПОГЛЕД ГИ ПОДОБРУВААТ МОТИВАЦИСКИТЕ СПОСОБНОСТИ И СПОСОБНОСТА ЗА ЗАДРЖУВАЊЕ НА ВНИМАНИЕТО КАЈ РЕТ-ОВИОТ СИНДРОМ

Роса Ангела ФАБИО ¹
 Тиндара КАПРИ ¹
 Андреа НУЦИТА ²
 Гинакарло ИАНИЗОТО ¹
 Насрин МОХАМАДАСАНИ ²

¹ Лабораторија за когнитивно зајакнување, Оддел за Когнитивни науки, Психологија, Едукација и Културни студии, Универзитет о Месина, Италија

² Оддел за едукативска технологија, Каразми Универзитет, Техеран, Иран

Примено: 11.07.2018
 Прифатено: 03.09.2018
 УДК 37.02-028.27-056.34

Резиме

Вовед: Од неодамна се забележува пораст во употребата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед во областа на образованието. Многу истражувања имаат утврдено дека употребата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед имаат значајна улога во поддршката на учениците кои имаат попреченост. Учењето кое се базира на дигиталните игри или на образовните игри имаат потенцијал да обезбедат ефективни, моќни околина за учење во кои учениците со попреченост треба да ги развијат или да ги подобрат когнитивните вештини.

Адреса за кореспонденција: Роса Ангела ФАБИО,
 Оддел за Когнитивни науки, Психологија, Едукација и
 Културни студии
 Универзитет о Месина, Италија
 Via Concezione 6/8, 98121, Месина
 тел.: 0039-90-344831; fax: 0049-90-5728686
<http://infinitipossibili.jimdo.com>

FROM PRACTICE TO PRACTICE

EYE-GAZE DIGITAL GAMES IMPROVE MOTIVATIONAL AND ATTENTIONAL ABILITIES IN RETT SYNDROME

Rosa Angela FABIO ¹,
 Tindara CAPRI ^{1*},
 Andrea NUCITA ¹,
 Ginacarlo IANNIZZOTTO ¹,
 Nasrin MOHAMMADHASANI ²

¹ Cognitive Empowerment Laboratory, Department of Cognitive Sciences, Psychological, Educational and Cultural Studies, University of Messina,

² Department of Educational Technology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 11.07.2018
 Accepted: 03.09.2018
 Original article

Abstract

Introduction: Recently, there has been an increase in the use of eye-gaze digital games in the field of education. Many studies have underlined that eye-gaze digital game use plays an important role in supporting students with intellectual disability. Digital game-based learning (DGBL) or educational games have the potential to provide effective, powerful learning environments in which disabled learners need to develop or improve cognitive skills.

Corresponding address: Rosa Angela FABIO
 Experimental Psychology
 Cognitive Empowerment Laboratory
 Department of Cognitive Science University of Messina
 Via Concezione 6/8, 98121, Messina
 tel.: 0039-90-344831; fax: 0049-90-5728686
<http://infinitipossibili.jimdo.com>

Метод: Главниот фокус на ова истражување е да ја истражи улогата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед при подобрувањето на мотивационите способности и способноста за задржување на вниманието кај лицата со Рет синдром (РТТ). Педесет и две италијански пациентки со РТТ (средна вредност=12.10, СД=8.7) учествуваа во ова истражување, 30 беа дел од групата за третман и 22 чекаа за влез во групата за третман. Ние користевме споредбен дизајн пред-тестирање-после-тестирање со цел да се утврдат бенефитите од учењето кое се базира на дигиталните игри врз параметрите за мотивација и задржување на вниманието. Во фазите на пред-тестирање и после-тестирање, невропсихолошките и бихевиоралните параметри беа измерени со употреба на технологија за следење на окото. Во прилог на тоа, мерките за задржување на вниманието и мотивацијата се проценети во двете фази. Во фазата за учење, на учесниците им беа претставени дигитални игри кои се управуваат со поглед, претходно инсталирани во следачот за очи Тоби серија-I. Игрите кои се управуваат со поглед беа поделени на пет нивоа: Поврзување со црн екран, Поместување на предмети, Зонско фокусирање, Активно истражување и Контролирано таргетирање.

Резултати: Резултатите укажуваат на подобрување на перформансите за задржување на внимание и мотивација.

Предлози и заклучок: Дискусија за резултатите во насока на нивна импликација за поддржување на употребата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед во едукацијата и учењето на предмети кај лицата со РТТ.

Клучни зборови: Ретт синдром, Учење кое се базира на дигиталните игри, когнитивна функционалност.

Вовед

Учењето кое се базира на дигиталните игри (DGBL) се однесува на употреба на компјутерски игри при учењето и едукацијата (1). Компјутерските игри примарно се дизајнирани за забава додека едукативните игри се користат за учење или развој на вештини (2). Употребата на компјутерските игри за DGBL, генерално, се именуваат како „едукативни игри“. Овие два вида игри споделуваат многу технички компоненти, но се разликуваат во намерата за нивната употреба и во дизајнот на нивната содржина.

Method: The main focus of this study is to investigate the role of eye-gaze digital games in improving motivational and attentional abilities in subjects with Rett Syndrome (RTT). Fifty two Italian female patients with RTT (mean = 12.10 years, SD = 8.70) participated in the study, 30 in the treatment group and 22 in the awaiting treatment group. We employed a pre-test-post-test comparison design to evaluate the benefits of digital game-based learning on attention and motivation measures. In both pre-test and post-test phases, neuropsychological and behavioural parameters were measured using eye tracker technology. In addition, attentional and motivational measures were both evaluated in these two phases. In the learning phase, participants were presented with eye-gaze digital games, pre-installed in the Tobii Series-I eye-tracker. Eye-gaze games were divided into 5 levels: Blank Screen Engagement, Object Displacement, Zoned Focusing, Active Exploration and Controlled Targeting.

Finding: The findings indicated a performance enhancement in attention and motivation.

Suggestions and Conclusion: The results are discussed in terms of their implications for supporting eye-gaze digital game use in education and learning in subjects with RTT.

Keywords: Rett Syndrome, Digital game-based learning, cognitive functioning.

Introduction

Digital game-based learning (DGBL) refers to the use of computer games in learning and education (1). Computer games are primarily designed for entertainment purposes while educational games are intended to learn knowledge or skills development (2). Computer games for use in DGBL are generally termed 'educational games'. These two types of games share many technical features, but differ in their intended use and design of content.

DGBL е дизајнирано за да ги научи луѓето на специфични способности, зацврстување на развојот, разбирање на историски настани или културни теми, или да им помогне во учењето додека играат (3-5). Дополнително, DGBL може да се дефинира како медиум за забава кој е создаден да придонесе за когнитивните промени кај играчите (1, 6).

Јаките страни на DGBL се многу и различни. Прво, едукативните игри може да поддржуваат мултисензорност, активност, искуство, учење засновано на проблеми, тие може да промовираат активација на претходните познавања ако играчите треба да употребат информации кои претходно ги научиле за да одат чекор погоре. Второ, тие обезбедуваат моментален фидбек, овозможувајќи им на играчите да научат од нивните активности. Трето, тие може да го промовираат развојот на различни вештини, како што се критичко размислување, вештини за решавање на проблеми, способност за задржување на вниманието (7-8).

DGBL сè почесто се користи помеѓу лицата со попреченост, но и другите лица. Овие игри најчесто бараат употреба на тастатура и компјутерско глумче како стандардни уреди за инпут. Кога ваквата употреба не е соодветна за корисникот со попреченост и личноста со попреченост има добра контрола со неговите очни мускули, додека употребата на другите моторни мускули е изгубена, возможно е многу ефективно да се користи погледот како интеракција со дигиталните игри. Погледот е интеракција која вклучува само едноставно гледање во екранот додека движењето на очите го заменува движењето на компјутерското глумче.

Зголемена е употребата на дигитални игри кои се управуваат со поглед во полето на образованието. Многу истражувања укажуваат дека употребата на дигитални игри кои се управуваат со поглед, игра голема улога во поддршката на учениците со интелектуална попреченост (9-11). Поради овие причини, дигиталните игри кои се управуваат со поглед може да бидат понудени како потенцијално средство за учење кај лицата со попреченост, како што се лицата со Рет-ов синдром (РТТ).

РТТ е нарушување на невролошкиот развој кој е предизвикан од мутации на MECP2 генот кој има влијание кај околу 1 од 10.000 родени женски деца (12-16). Клиничките манифестации може да вклучуваат тешки лингвистички и моторни оштетувања кои се сржта на фенотипските симптоми (17-20). Невролошките абнормалности се рефлектираат на неколку бихевио-

DGBL has been designed to teach people specific abilities, reinforce development, understand a historical event or a cultural topic, or assist them in learning a skill as they play (3-5). In addition, DGBL can be regarded as an entertainment medium designed to bring about cognitive changes in its players (1; 6).

The strengths of DGBL are many and varied. Firstly, educational games can support multi-sensory, active, experiential, problem-based learning; they can promote activation of prior knowledge given that players must use previously learned information to advance. Secondly, they provide immediate feedback, enabling players to learn from their actions. Thirdly, they can promote the development of various skills, such as critical thinking, problem-solving skills, attentional abilities (7-8).

DGBL is becoming more used among both able and disabled people. These games assume the use of a keyboard and a mouse as standard input devices. When this use is not appropriate for users with disability, and the individual with disability has good control of their eye muscles while fine motor control of other muscle groups is lost, it is possible to use eye gaze for interacting with digital games very effectively. Eye gaze is an interaction which involves simply looking at the screen whereby eye movement replaces mouse movement (5).

There has been an increase in the use of eye-gaze digital games in the field of education. Many studies have underlined that eye-gaze digital game use plays an important role in supporting students with intellectual disability (9-11). For these reasons, eye-gaze digital games can be proposed as a potential learning tool for disabled people, such as subjects with Rett Syndrome (RTT).

RTT is a neurodevelopmental disorder mainly caused by mutations in the MECP2 gene affecting around 1 in 10,000 female births (12-16). Clinical manifestations can include severe linguistic and motor impairments that are the core of phenotype symptoms (17-20). Neurological abnormalities are reflected in several behavioural and cognitive impairments such as stereotypies, loss of speech and hand skills, gait apraxia, irregular breathing with hyperventilation while awake, and frequent seizures (21-27).

рални и когнитивни оштетувања, како што се стереотипите, загуба на говорот и вештините со рацете, апраксија, нерегуларно дишење со хипервентилација додека лицето е разбудено и има чести напади (21-27).

И покрај тврдењата дека невролошките засновани когнитивни и бихевиорални дефицити кај индивидите со РТТ е тешко да се променат или подобрат, неколку истражувања имаат покажано дека лицата со РТТ може да постигнат повисоко развојно ниво во когнитивната област од она што е претходно воспоставено во литературата (23, 28-34), со употреба на когнитивна рехабилитација. На пример, поновите истражувања укажуваат дека девојчињата со РТТ покажуваат подобрување кај селективното внимание, во способноста да се препознае временска и просторна врска и намалување на потребната помош за време и после когнитивното зајакнување (35).

Како и да е, употребата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед за лицата со РТТ сè уште е неистражена област. Според нашите познавања, во ниту едно истражување не се употребени дигитални игри кои се управуваат со поглед кај РТТ субјектите во ниту една од едукативните и/или рехабилитационите области. Повеќето истражувања, како што е наведено погоре, вовеле традиционална поддршка или поглед (како што се технологиите за следење на окото) за поддршка и олеснување на комуникациските и когнитивните способности кај индивидите со РТТ. Иако индивидите со РТТ имаат многу специфични карактеристики, придобивка би биле дигиталните игри кои се управуваат со поглед и кај лицата со РТТ. Засновано на потенцијалот на DGBL и ефективността на технологиите за поглед, главната цел на овој труд е да се проучи улогата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед во подобрувањето на мотивациските способности и способноста за задржување на вниманието кај девојчињата со РТТ. Посебно, нашата цел беше да процениме дали има промени или модификации во способностите за задржување на вниманието и мотивациските способности кај 30 субјекти со РТТ, после триесетминутна употреба на дигитални игри кои се управуваат со поглед во пет дена во неделата, за период од четири месеци.

Уреди за следење на окото биле користени во истражувањата за едукативните игри во насока на анализирање на шемите на внимание кај дигиталните игри кои се управуваат со поглед (36). Некои автори, исто така, ја процениле ефективността на виртуелната околина во игрите преку анализа на визуелното внимание

Despite claims that the neurologically based cognitive and behaviour deficits in individuals with RTT are difficult to change or improve upon, several studies have shown that subjects with RTT can reach higher developmental levels in the cognitive area than those previously established in literature (23; 28-34), with the use of cognitive rehabilitation. For example, a recent study has indicated that girls with RTT show an improvement in selective attention, in the ability to recognize temporal and spatial relationships and a decrease in the amount of help needed during and after cognitive empowerment (35).

However, the use of eye-gaze digital games for people with RTT is still an unexplored field. To our knowledge, no study has used eye-gaze digital games with RTT subjects in either the educational and/or rehabilitation area. Most research, as mentioned above, employed traditional supports or eye gaze (such as eye tracking technologies) to support and facilitate the communication and cognitive abilities of individuals with RTT. Even though the individual with RTT has very specific characteristics, it would be beneficial to use eye-gaze digital games also in RTT. Based on both the potential of DGBL and the effectiveness of eye-gaze technologies, the main purpose of the present work was to study the role of eye-gaze digital games to improve attentional and motivation abilities in girls with RTT. Specifically, we aimed to assess if there were modifications in attentional and motivation abilities in 30 subjects with RTT, after the use of eye-gaze digital games for thirty minutes for 5 days a week for four months.

Eye tracking devices have been used in research on educational games, in terms of analysing attention patterns within an eye-gaze digital game (36). Some authors also evaluated the effectiveness of virtual environments in games through the analysis of visual attention using eye tracking (37-38). Furthermore, several studies (39-41) supported the hypothesis that the analysis of eye-tracking parameters, such as fixations and saccadic movements during the performance of certain tasks, is related to attention abilities. For all these reasons, in the present study, we measured attention through the eye tracking

со користење на направа за следење на окото (37-38). Понатаму, неколку истражувања (39-41) ја поддржуваат хипотезата дека анализата на параметрите за следење на окото, како што се фиксацијата и отсечните движења за време на изведување на некои задачи, се поврзани со способноста за внимание. Поради сите овие причини, во ова истражување, ние го измеривме вниманието преку параметрите за следење на окото, должината на фиксацијата и бројот на фиксацијата.

Во однос на мотивациските способности, тешко е да се утврди степенот на мотивација кај лицата со РТТ, бидејќи нивните комуникативни способности се наоѓаат на пре или прото симболичко ниво (42). Како методолошки резултат, критериумот за дефинирање на степенот на мотивација често укажува на двојна интеракција (близината на телото со комуникацискиот партнер или целта за стимул) насоченост (очекување на бихевиорални промени кај партнерот и изразување на благодарност за остварување на целите), директност (насочување на однесувањето кон одделна личност) и фацијална експресија (43). Во прилог на тоа, знаците на мотивациска возбуда вклучува промени во активноста на неволевиот моторен (автономниот) систем (44). Затоа намалувањето или зголемувањето на пулсот и кожниот проток на крвта (вцрвенување или станувањето блед) исто така може да проследуваат различни емоционални или мотивациски фази. На пример, шемата на психолошки одговор на среќа се карактеризира со зголемување на срцевите (пулсот) и електродермалните активности (ЕДА) (45). Поради овие причини, во ова истражување, ние ги измеривме мотивациските способности во насока на афекционите (индексот на среќа) и психолошките (пулсот и ЕДА) одговори (46). Друга цел на ова истражување беше да се анализира дали резултатите за вниманието и мотивациските мерки се ограничени за овие области или дали тие можат да бидат генерализирани кај индивидуалните функционални вештини.

Методи

Учесници

Во истражувањето учествуваа 52 италијански субјекти со РТТ. Возраста на учесниците се движи од 2 до 33 години (средна вредност=12.10 години, СД= 8.70). Учесниците се регрутирани од италијанската Асоцијација за Рет, која ги контактира семејствата на пациентите и ги праша дали сакаат да бидат дел од ова

parameters, fixation length (FL) and fixation count (FC).

With reference to motivational abilities, it is difficult to determine the degree of motivation in persons with RTT, as their communicative abilities are mostly situated at a pre- or proto-symbolic level (42). As a methodological result, criteria to define the degree of motivation usually imply dyadic interaction (bodily proximity of the communication partners or stimulus target), purposiveness (expecting behavioural changes in the partner and expressing appreciation in attaining the goal), directionality (directing behaviour to another person) and facial expressions (43). In addition, signs of motivational arousal involve changes in activity of the visceral motor (autonomic) system (44). Thus, increases or decreases in heart rate, (blushing or turning pale) can all accompany various emotions or motivational states. For example, the pattern of physiological response in happiness are characterized by increase in cardiac (heart rate; HR) and electrodermal activities (EDA) (45). For these reasons, in this study, we measured motivational abilities in terms of affective (happiness index) and physiological (heart rate and EDA) responses (46).

Another aim of the present study was to analyse if the results on attention and motivation measures were restricted to these areas or if they can be generalized to independent functional skills.

Methods

Participants

Fifty-two Italian subjects with RTT participated in the study. Participants' ages ranged from 2 to 33 years (mean = 12.10 years, SD = 8.70). Participants were recruited by the Italian Rett Association, who contacted patients' families and asked them to be involved in the study. They came from all over Italy. All participants were diagnosed in Italian Centres specialized in RTT syndrome and were in the post-regression phase of the disorder; 95% had severe intellectual disabilities and were unable to use speech. All patients showed little or no purposeful hand use and pervasive hand stereotypies. The ability to walk

истражување. Тие дојдоа од сите делови на Италија. Сите учесници биле дијагностицирани во италијанските центри специјализирани за Рет-овиот синдром и беа во пострегесионата фаза од нарушувањето, 95 % имаа неколку интелектуални попречености и не можеа да го користат говорот. Сите пациенти покажаа мала или никаква намерна употреба на рацете и силни стереотипи на рацете. Можноста да одат беше зачувана кај 52 % од пациентите. Сите учесници беа позитивни за МЕСР2 мутации.

Учесниците беа поделени во две групи: 30 кои добиваа третман (група на третман) и 22 кои немаа добиено интервенција (чекаа да бидат дел од групата за третман).

Материјали и инструменти

Дигитални игри кои се управуваат со поглед. Дигиталните игри кои се управуваат со поглед беа инсталирани во следачот на очи Тоби Серија-I. Тоби Серија-I беше употребен за снимање на визуелниот одговор на субјектот на дигиталните игри кои се управуваат со поглед. Оваа направа снима окуларни движења како што се локацијата и времетраењето на окуларната фиксација (паузирање на движењето на окоото врз предмет од интерес) и секадни движења (брзи движења помеѓу фиксациите). Учесниците беа позиционирани на далечина од околу 30 cm од екранот и насоката на погледот беше утврдена согласно со методот за центарот на зениците/метод на кореална рефлексија на инфрацрвени светла со низок интензитет. Софтверот за следење на пасивниот поглед (LCT, Сао Паоло, Бразил) беше употребен за генерирање на податоци за време на визуелното скенирање. FX сензорното око е сет на 30 софтверски апликации кои се создадени за најраните степени на компјутерски пристап со поглед. Софтверот е поделен на 5 нивоа на истражување. Секое ниво делува како тренинг за подобрување на способноста за внимание: Прво ниво: Гледање во празен екран. Гледањето во празен екран им овозможува на субјектите да ја истражат причината и ефектот – кога ќе погледнат, нешто се случува, а кога ќе го тргнат погледот, престанува – овој концепт е фундаментален за учење на погледот и потребата да се истражува (Приказ 1). Играта која беше избрана за ова истражување е Sensory Circles – Сензорни кругови.

was preserved in 52% of the patients. All the participants were positive for mutations.

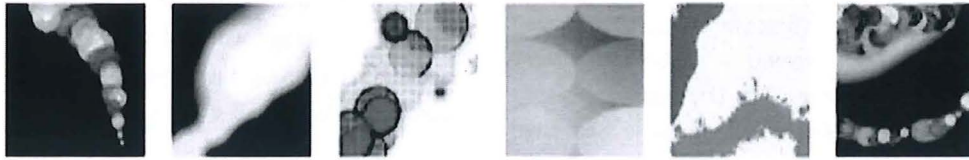
Participants were subdivided into two groups: 30 who received intervention (treatment group) and 22 who had not received intervention yet (awaiting treatment group).

Materials and Instruments

Eye-gaze digital games. Eye-gaze digital games were installed in an eye-tacker Tobii Series-I. Tobii Series-I was used to record the subject's visual scanning response to eye-gaze digital games. This device records ocular movements such as the location and duration of ocular fixations (pause of eye movement on an object of interest) and saccadic movements (rapid movements between fixations). The participant was positioned at a distance of about 30 cm from the screen and the direction of the gaze was determined according to the Pupil Centre/Corneal Reflection Method of low-intensity infrared light. Passive gaze tracing (LCTechnologies, Sao Paulo, Brazil) software was used to generate gaze data during visual scanning. Sensory eye FX is a set of 30 software applications designed for the earliest level of eye-gaze computer access. The software is divided into 5 levels of exploration. Each level functions as a training to empower attentional ability:

Level 1: Blank Screen Engagement. Blank screen engagement activities allow subjects to explore cause and effect - when they look something happens, when they look away it stops - this concept is fundamental to learning eye-gaze and needs to be explored in some detail (Figure 1). The game chosen for the present study was Sensory Circles.

- Black Screen Engagement



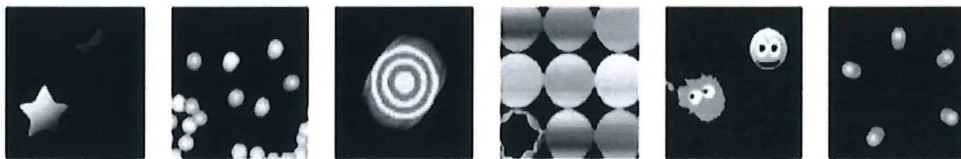
Слика 1. Гледање во ѓразен екран

Figure 1. Black screen engagement

Второ ниво: Преместување на предмет. Активностите за преместување на предмет вклучуваат некои од методите на погледот како што се функциите за наоѓање и основно нишанење – тука субјектите може да се здобијат со поголема свест за тоа како близината на нивниот поглед го активира одговорот од содржината на одредена област на екранот (Приказ 2). Играта која беше избрана за ова истражување е Scatter (4-та).

Level 2: Object Displacement. Object displacement activities introduce some of the methods of eye-gaze such as dwell functions and basic targeting - here subjects may begin to gain greater awareness as to how their gaze proximity activates a response from content in a certain area of the screen (Figure 2). The game chosen for the present study was Scatter (4th).

- Objects Displacement



Слика 2. Преместување на ѓредејќи

Figure 2. Objects displacement

Трето ниво: Зонско фокусирање. Способноста да се таргетира одредена област од екранот е значаен чекор во учењето да се контролира курсорот на компјутерското глумче. Во ова ниво, ние сакаме субјектите да можат да започнат да го фиксираат нивниот поглед за да постигнат повисоко ниво на контрола и прецизност. На ова ниво, ние развиваме вештини кои се неопходни за да се постигне успешна калибрација (Приказ 3). Играта која беше избрана за ова истражување е Whack (втора).

Level 3: Zoned Focusing. The ability to target specific areas of the screen is an important step in learning to control the mouse cursor. In this level, we want subjects to be able to begin to fix their gaze to achieve a greater level of control and accuracy. At this point, we are developing skills which are necessary to achieve a successful calibration (Figure 3). The game chosen for the present study was Whack (2nd).

- Zoned Focusing



Слика 3. Зонско фокусирање

Figure 3. Zoned focusing

Четврто ниво: Активно истражување. Од примарно значење е субјектите да бидат мотивирани за да се поврзат со екранот. Активностите за активно истражување ги охрабруваат субјектите да се поврзат со пошироката област на екранот и да се забавуваат додека ги користат нивните очи (Приказ 4). Играта која беше избрана за ова истражување е Shooting (3-та).

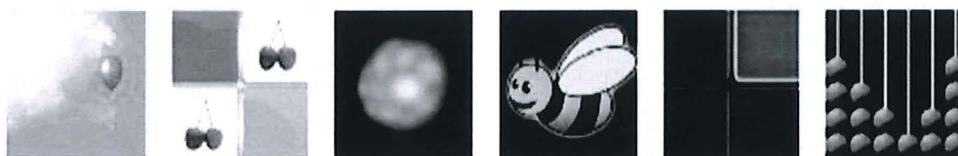
- Active Exploration



Слика 4. Активно истражување

Петто ниво: Контролирано таргетирање. Активностите за контролирано таргетирање може да им помогнат на субјектите да постигнат поголема контрола, повисоко ниво на прецизност и подетално разбирање на функцијата (Приказ 5). Играта која беше избрана за ова истражување е Bee (4-та).

- Controlled Targeting



Слика 5. Контролирано таргетирање

Резултатите од играњето опишуваат колку добро изиграле учесниците. Овие мерки се специфични за секоја игра одделно. Во однос на активноста за гледање во празен екран, бидејќи играта запира кога субјектот ќе погледне надвор од екранот, бројот на минути на селективно внимание беше избрано како зависна варијабла. Во однос на активноста за преместување на предмет, бидејќи близината на погледот го активира одговорот од содржината во одредена област на екранот, бројот на погодоци во пита, на пример, со поглед беше земен како зависна варијабла. Во однос на зонското фокусирање во играта, бидејќи способноста да се таргетира одделна област од екра-

Level 4: Active Exploration. It is of primary importance that subjects are motivated to engage with the screen, active exploration activities encourage subjects to engage with the wider area of the screen and have fun using their eyes (Figure 4). The game chosen for the present study was Shooting (3rd).

Figure 4. Active exploration

Level 5: Controlled Targeting. Controlled targeting activities can help subjects achieve greater control, a higher degree of accuracy and a more detailed understanding of the function (Figure 5). The game chosen for the present study was Bee (4th).

Figure 5. Controlled targeting

Game performance scores describe how well participants performed when playing the games. These measures are specific to each game. With reference to the blank screen engagement activity, since the game stops when the subject looks away from the screen, the number of minutes of selective attention was the dependent variable. With reference to the object displacement activity, since the gaze proximity activates a response from content in a certain area of the screen, the number of pies hit, for example, through the gaze was considered as the dependent variable. As regards the zoned focusing game, since the ability to

нот беше активирана, бројот на торти во лицето беше избран за зависна варијабла. Во односот на активното истражување, бидејќи стимулот беше целосно претставен на целиот екран и способноста да се фатат брзо беше активна, и бројот на удруени овошја со поглед беше земен за зависна варијабла. Во однос на активностите за контролирано таргетирање, бидејќи способноста за активирање на поголема контрола на окото е потребна за играње на оваа игра, бројот на удруени пчели беше земен за зависна варијабла. Резултатите од играњето не беа третирали како специфични параметри од влијанието на интервенцијата, но како контрола за ефикасноста за учење.

Индекс на внимание. За проценка на способноста за внимание беа употребени две мерки: времето на генерално внимание што субјектот го обрнал на содржината (време поминато во гледање на лицето на експерименторот или играта) и мерките за следење на окото. Во однос на следењето на окото, следните параметри беа пресметани: должина на фиксацијата (FL), која е количината на време (секунди) помината од страна на субјектот кога гледа во целта (специфична за секоја игра одделно), бројот на фиксаци (FC), колку пати субјектот погледнал во целта. Фиксациите беа измерени со употреба на праг од 100 ms. Сите овие мерки, пред и после тестирањето, беа собрани петпати и беше земена предвид средната вредност.

Индексот на мотивација. За проценка на мотивационите способности, ние користевме неколку параметри дефинирани како „индекс на среќа“. Овој параметар од таксономијата на Ван Дер Мат (Van der Maat) (47) која се заснова на екстензивни анализи на комуникациските активности на лицата со тешка интелектуална попреченост со нивните негуватели. Оваа таксономија се состои од дванаесет главни категории на бихевиорални форми: (1) насока на погледот, (2) фацијална експресија, (3) звуци, (4) држење на главата, (5) движење на главата, (6) држење на телото, (7) движење на долните екстремитети, (8) движење на горните екстремитети, (9) движење на устата, (10) психолошка реакција, (11) агресија и (12) конвенционални гестови. Договорот помеѓу учесниците беше 96 %. За создавање на повеќе параметри, ние зедевме 7 однесувања од таксономијата на Ван Дер Март (1992). Тоа се: насока на погледот, фацијална експресија, звуци, движење на устата, психолошки реакции, движење на главата и конвенционални гестови. Ги снимивме овие гестови со помош на камерата која е дел од следачот на очите.

target specific areas of the screen was activated, the number of cakes in the face was the dependent variable. With reference to active exploration, since the stimuli were presented contemporarily on the whole screen and the ability to capture them quickly was active, the number of fruits hit through the gaze was the dependent variable. With reference to the controlled targeting activity, since the ability to achieve greater eye control was necessary to perform this game, the number of bees hit was considered as the dependent variable. Game performance scores were not treated as specific parameters of the influence of intervention, but as control for the efficacy of learning.

Attention index. To assess attentional abilities, two measures were used: the time of general attention the subject paid to the context (time spent in looking at the experimenter's face or game) and eye-tracking measures. With reference to eye-tracker, the following parameters were computed: fixation length (FL), which is the *amount of time* (seconds) spent by the subject when looking at the target (specific to each game); fixation count (FC), which is the *number of times* the subject looks at the target. Fixations were extracted using a threshold of 100ms. All these measures, both pre and post-test, were collected five times and the mean values were considered.

Motivation index. To assess motivation abilities, we used a multiple parameter, defined "happiness index". This parameter comes from the taxonomy of Van der Maat (47) which is based on an extensive analysis of communication activity of people with profound intellectual disabilities with their usual caregivers. This taxonomy included twelve main categories of behavioural form: (1) gaze direction, (2) facial expression, (3) sounds, (4) head posture, (5) head movement, (6) body posture, (7) movement of lower limbs, (8) movement of upper limbs, (9) mouth movements (10) physiological reactions, (11) aggression and (12) conventional gestures. The agreement between respondents was 96%. To create the multiple parameter, we took into account seven behaviours of the taxonomy of Van der Maat (1992). They were: gaze direction, facial expression, sounds, mouth movements, physiological reactions, head movements and conventional gestures. We recorded these behaviours through the video-camera of the eye-

Двајца независни набљудувачи ги гледаа видеата и маркираа на листа дали се присутни сите 7 однесувања и дадоа вредност од 1 за присутни и 0 ако не се присутни. Мотивациониот индекс беше дефиниран како збир од вредноста на сите предмети.

Психолошки пресметки. Психолошките пресметки беа собрани преку технологија на сензори кои опкружуваат. Оваа технологија користи напредни часовници и патентирана технологија за последователно следење на психолошките сигнали преку неколку сензори. Сензорите ги пренесуваат податоците до паметен телефон преку блутут конекција и од телефонот до сигурен сервер, Емпатика преку интернет конекција. Параметрите беа ЕДА сензори кои ја мерат активност на симпатетскиот нервен систем и ХР сензорот. Мерките на ЕДА како континуирани варијации на електричните карактеристики на кожата. Лесно може да се прочита од површината на телото и ја претставува активноста на автономниот нервен систем (48). ЕДА е блиску поврзана со автономните емоции и когнитивните процеси и е широко употребувана како сензитивен индекс за емоционалните процеси и симпатските активности (49).

Функционални скали. Винеланд скалата на адаптација на однесувањето е дизајнирана да поддржува дијагнози на интелектуални и развојни попречености. Скалите се организирани во четири домени: комуникација, дневниот живот, социјализација и моторни вештини. Интервјуерот поставува генерални прашања во однос на функционирањето на субјектот во секој домен и ги користи одговорите за проценка на испитаникот на секоја од критичните однесувања (2: секогаш присутен, 1: понекогаш присутен, 0: ретко или никогаш не е присутен). Типичните интервјуа траат приближно еден час. Вкупниот резултат е пресметан со собирање на индивидуалните резултати од секоја скала. Доверливоста на скалата е воспоставена на следен начин: поделено на половина 0.73-0.93 за комуникацискиот домен, 0.83-0.92 за вештините за дневен живот, 0.78-0.94 за социјализација, 0.70-0.95 за моторни вештини, 0.84-0.98 за приспособливо однесување, 0.77-0.88 за неадаптивно однесување (во форма на анкета) (0.80 и 0.90 од формата на анкетата). Коефициентите на доверливост од истражувањето и проширените форми се движат од 0.62 до 0.75. Стандардната грешка на мерењата се движеше од 3.4 до 8.2 кај четирите домени и од 2.2 до 4.9 кај Приспособливото однесување, кај анкетната форма. Скалата за проценка на рејтингот на Рет е стандардизирана скала (RARS) која се употребува за

tracker. Two independent observers watched the videos and marked with a cross on a checklist if the seven behaviours were present/absent and assigned value 1 to “present” and value 0 to “absent”. The motivation/happiness index was defined as the sum of each item values.

Physiological measures. Physiological measures were collected through embrace technology sensors. Embrace technology uses advanced watches and patented technology to continuously record physiological signals from multiple sensors. Embrace transmits data to a paired smartphone via Bluetooth connection, and from a smartphone to a secure server, Empatica, via Internet connection. The parameters were an EDA sensor that measures sympathetic nervous system activity and a HR sensor. EDA measures continuous variations in the electrical characteristics of the skin. It can easily be read from the body surface and represents the activity of the autonomic nervous system (48). EDA has been closely linked to autonomic emotional and cognitive processing and is widely used as a sensitive index of emotional processing and sympathetic activity (49).

Functional scales. The Vineland Adaptive Behavior Scales are designed to support the diagnosis of intellectual and developmental disabilities. The Scales are organized into four domains: communication; daily living; socialization; and motor skills. The interviewer asks general questions pertaining to the subject's functioning in each subdomain and uses the responses to rate the examinee on each critical behaviour item (2: always present, 1: sometimes present, 0: seldom or never present). Typical interviews require approximately one hour. A total score is computed by summing the individual ratings for each scale. The reliability of the Scales was established as follows: split-half, 0.73–0.93 for the communication domain, 0.83–0.92 for daily living skills, 0.78–0.94 for socialization, 0.70–0.95 for motor skills, 0.84–0.98 for adaptive behaviour composite, 0.77–0.88 for maladaptive behaviour (survey form) (0.80 and 0.90 for the Survey Form). The interrater reliability coefficients for the survey and expanded forms ranged from 0.62 to 0.75. Standard error of measurement ranged from 3.4 to 8.2 over the four domains, and from

проценување на субјектите со Рет-ов синдром (50). RARS е систематизирана во седум домени: когнитивен, сензорски, моторен, емоционален, автономен, типични карактеристики на болеста и бихевиорален. Когнитивната област се состои од проценка на вниманието, просторна ориентација, временска ориентација, меморија, контакт со очи, одговарање со смеење, споделено внимание, вербална и невербална комуникација; сензорската област се состои од видно поле и слух; моторната област се состои од позиција и движење на телото, движење на рацете, сколиоза, проблеми во стапалата; емоционалната област се однесува на разбирање на емоциите и експресија на емоциите; автономната област се однесува на контрола, хранење, способноста за капење и облекување; областа за типичните карактеристики на болеста се однесува на промена на расположението, грчење, проблеми со дишењето, тензија во мускулите, навики на исхрана; областа за севкупната импресија се однесува на генералната проценка на симптомите на Рет синдромот (од ниту еден симптом (1) до сите симптоми (4)). Предметите на RARS се создадени со следење на дијагностичките критериуми за РТТ дадени од Дијагностички и статистички прирачник за ментални нарушувања, 4-то издание (DSM-IV-TR; 51) и неодамнешни истражувања и клинички искуства. Вкупно 31 предмет беше генериран како репрезентативен на профилот на РТТ. Секој предмет содржи кратко објаснување за неговото значење. Секој предмет е рангиран на скала од 4 поени, каде 1=во рамките на нормалните граници, 2=ретко или ниска абнормалност, 3=често или средно висока абнормалност, 4=силна абнормалност. Средните рејтинзи се можни, на пример, одговор помеѓу 2 и 3 поени се рангира како 2.5. За секој предмет, проценителот го заокружува бројот што кореспондира на најдобриот опис од пациентот. Откако еден пациент е оценет за вкупно 31 предмет, вкупен резултат е пресметан со собирање на сите индивидуални рејтинзи. Овој вкупен резултат му овозможува на проценителот да го идентификува степенот на сериозност на РТТ, концептуализиран како континуум кој има опсег од благи симптоми до тешки дефицити. Вредностите на косост и куртаза, пресметани за дистрибуција на вкупните резултати, беа 0.110 и 0.352. Дистрибуцијата беше нормална. Формулата Кронбах алфа беше употребена за утврдување на внатрешната конзистентност за целата скала и потскалите. Вкупната алфа беше 0.912 и внатрешната конзистентност на потскалите беше висока (0.811 и 0.934).

2.2 to 4.9 for the Adaptive Behaviour Composite, on the survey form.

The Rett assessment rating scale (RARS) is a standardized scale used to evaluate subjects with Rett syndrome (50). RARS is organized into seven domains: cognitive, sensorial, motory, emotional, autonomy, typical characteristics of the disease, and of behaviour. The cognitive area consists of evaluations of attention, spatial orientation, temporal orientation, memory, eye contact, replying by smiling, shared attention, verbal and non-verbal communication; the sensorial area consists of eyesight and hearing; the motor area consists of position and movement of the body, movement of hands, scoliosis, problems in the feet; the emotional area refers to understanding emotions and the expression of emotions; the autonomy area refers to eo control, feeding, ability to wash and dress; the typical characteristics of the disease and behaviour area refers to mood changes, convulsions, breathing problems, hyperactivity, anxiety, aggressiveness, bruxism, rolling of the eyes, epilepsy, aerophagia, muscular tension, feeding habits; the overall impression area refers to the general evaluation of the symptoms of RTT (from no symptoms (1) to all the symptoms (4). The items in RARS were constructed following the diagnostic criteria for RTT proposed by the Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 4th ed. (DSM-IV-TR; 51) and recent research and clinical experience. A total of 31 items was generated as representative of the profile of RTT. Each item is provided with a brief glossary explaining its meaning in a few words. Each item is rated on a 4-point scale, where 1 = within normal limits, 2 = infrequent or low abnormality, 3 = frequent or medium-high abnormality, and 4 = strong abnormality. Intermediate ratings are possible; for example, an answer between 2 and 3 points is rated as 2.5. For each item, the evaluator circles the number corresponding to the best description of the patient. After a patient has been rated on all 31 items, a total score is computed by summing the individual ratings. This total score allows the evaluator to identify the level of severity of RTT, conceptualized as a continuum ranging from mild symptoms to heavy deficits. Skewness and kurtosis values, calculated for the distribution of the total score, were 0.110 and

Прогресивната обоена рејвен матрица (ЦПМ;52) се користи за деца од 5 до 11 години и за индивидуи со физички и психички нарушувања. Во ова истражување беше употребена модифицирана прогресивна обоена рејвен матрица. Серија А им беше дадена на субјектите и секоја табела беше поголема (42 cm x 29.7 cm) од стандардната. Пред субјектот беше поставен избор од два предмета. Секоја цел беше претставена заедно со еден одвлекувач на внимание од стандардната серија. Двата предмета (целта и одвлекувачот на внимание) беа прикажани трипати и просторната позиција на целта и одвлекувачот на внимание беа случајно поставени. Кога субјектот ќе даде два последователни и точни одговори, испитувачот ја претставуваше следната табела; кога субјектот ќе повторел трипати грешно, тестот се прекинува. Вкупниот резултат е пресметан со собирање на бројот на точни одговори за секој предмет.

Процедура

Сите податоци во ова истражување се собрани во тивка област од канцелариите на Италијанската асоцијација за Рет. Субјектите беа тестирани индивидуално во оваа област. Тие беа тестирани од 9 часот до 13 часот. Секој субјект беше позициониран на оддалеченост од 30 cm од екранот на следачот на очи во кој претходно беше инсталиран дигитален софтвер за следење на погледот.

Истражувачот покажува кон екранот и му зборува на субјектот за да го одвлече нејзиното внимание и нејзиниот поглед на почетокот од секоја игра за да ја претстави секоја игра одделно.

Услови за предавање

И во двете фази, пред и после тестирањето, невропсихолошките и бихевиоралните параметри беа измерени со употреба на технологијата за следење на очите и функционалните скали, опишани погоре во деловите за материјалите и инструментите. Во фазата на учење, DGBL беа употребувани во траење од 30 минути, пет дена во неделата, за период од 4 недели, преку дигиталните игри кои се управуваат со поглед, кои беа претходно инсталирани на Тоби Серија – I. Во Табела 1 се опишани трите фази.

Во овој експеримент, DGBL е активност за интеракција во која учесниците последователно играат пет игри, дизајнирани да промовираат учење или развој на когнитивните вештини, како што се вниманието и мотивацијата. Дигиталните игри кои беа употребени

0.352, respectively. The distribution was found to be normal. Cronbach's alpha was used to determine the internal consistency for the whole scale and subscales. Total alpha was 0.912, and the internal consistency of the subscales was high (from 0.811 to 0.934).

Raven's Colored Progressive Matrices (CPM; 52) are used for children aged 5 through 11 years of age and mentally and physically impaired individuals. In the present study, Modified Raven's Colored Progressive Matrices were used. Series A was administered to the subjects and each table was larger (42cm x 29.7 cm) than the standard CPM. Two items to be chosen were placed separately in front of the subject. Each target was presented together with a single distractor of the standard series. Both items (target and distractor) were shown three times and the spatial position of target and distractor was randomized. When the subject gave two consecutive and correct answers the examiner presented the following table; when the subject replied erroneously three times, the test was interrupted. A total score is computed by summing the number of corrected response for each item.

Procedure

All of the data for this study were collected in a quiet area of the Italian Rett Association offices. The subjects were tested individually in this area. They were tested in the morning from 9.00 a.m. to 13.00 p.m. Each subject was positioned at a distance of about 30 cm from the screen of the eye-tracker in which eye-gaze digital software was pre-installed.

The experimenter pointed at the screen and spoke to the subject to catch her attention and her gaze at the start of each game to introduce each game.

Teaching condition

In both pre-test and post-test phases, neuropsychological and behavioural parameters were measured using eye tracker technology and functional scales, described in the materials and instruments section. In the learning phase, DGBL was used for thirty minutes, 5 days a week, for four weeks through eye-gaze digital games, pre-installed in the Tobii Series-I eye-tracker. Table 1 describes the three phases.

In this experiment, DGBL is an interactive activity in which participants consecutively play five games, designed to promote learning or the development of cognitive skills, such as attention and motivation. The

во ова истражување се опишани во подделот за digital games used in this study are described in the игрите со поглед. eye-gaze games subsection.

Табела 1. Експериментални фази / Table 1. Experimental phase

Групи Groups	Фаза на пред тестирање Pre-test phase	Учење Learning	Фаза после тестирање Post-test phase
Група на третман Treatment group	<u>Неколку основни администрирани сесии</u> <u>Multiple baseline sessions administration</u> Резултати од играње Game performance scores Attention/ Внимание Мотивација/Среќа Motivation/happiness Психолошки мери Physiological measures	DGBL, 30 минути за 5 дена во неделата за 4 недели DGBL, 30 minutes for 5 days a week for four weeks	<u>Неколку основни администрирани сесии</u> <u>Multiple baseline sessions administration</u> Резултати од играње Game performance scores Attention/Внимание Мотивација/Среќа Motivation/happiness Психолошки мери Physiological measures
Група што чека третман Awaiting Treatment group	<u>Една администрација</u> <u>Single administration</u> Vineland Rars Raven	Без DGBL No DGBL	<u>Една администрација</u> <u>Single administration</u> Vineland Rars Raven
	<u>Multiple baseline sessions administration</u> Резултати од играње Game performance scores Attention/ Внимание Motivation/happiness Мотивација/Среќа Психолошки мери Physiological measures		<u>Multiple baseline sessions administration</u> Резултати од играње Game performance scores Attention/ Внимание Motivation/happiness Мотивација/Среќа Психолошки мери Physiological measures
	<u>Една администрација</u> <u>Single administration</u> Vineland/Винеланд Rars/Папс Raven/Пејван		<u>Една администрација</u> <u>Single administration</u> Vineland/Винеланд Rars/Папс Raven/Пејван

Статистичка анализа

Податоците беа анализирани во СПСС 20.0 за Виндовс оперативен систем. За споредба на резултатите од пред тестирањето и после тестирањето, податоците

Statistical analyses

The data were analysed using SPSS 20.0 for Windows. To compare the pre-test and post-test scores the data were analysed using ANOVA 2 (Group: treatment vs



беа анализирани со употреба на ANOVA 2 (Група: третман v што чека третман) χ^2 (фази: пред и после тестирање). Дескриптивната статистика на зависните варијабли беше табелирана и прегледана. Алфа-ниво беше поставено на 0.05 за сите статистички тестови. Во случајот на значајни ефекти беше дадена големината на ефектот (53).

Резултати

Пред да се разгледаат резултатите за вниманието, мотивацијата и функционалните скали, ние ги испитавме подобрувањата во играњето добиени за време на учењето; за контролирање на ефикасноста на учењето (секундарна цел, но неопходна за дискусија на примарната цел). Во Табела 2 се прикажани средната вредност и стандардната девијација на резултатите од играњето на субјектите со РТТ. Групниот фактор покажува значаен ефект, $F(1, 51) = 4.3, p < 0.01, d = 0.92$, исто така фазниот фактор покажува значаен ефект $F(1, 51) = 6.3, p < 0.01, d = 0.91$; Група X Фаза интеракцијата исто така покажува значаен ефект $F(1, 51) = 5.2, p < 0.01, d = 0.92$. Овие резултати укажуваат дека субјектите со РТТ покажуваат позитивни трендови на подобрување на резултатите од фазата на пред тестирање до фазата на тестирање, во споредба со резултатите на групата која чека третман. Како што беше очекувано, овие резултати се совпаѓаат со оние во литературата (15; 19; 32; 35).

awaiting treatment) χ^2 (phases: pre-test vs post-tests). The descriptive statistics of the dependent variables were tabulated and examined. Alpha-level was set to 0.05 for all statistical tests. In the case of significant effects, the effect size of the test was reported (53).

Results

Before examining the results on attention, motivation and functional scales, we examined improvement of performance on the game obtained during learning, to control for the efficacy of learning (secondary aim, but necessary to discuss the main aim). Table 2 shows the means and standard deviations of the game performance scores of subjects with RTT. Group factor shows significant effect, $F(1, 51) = 4.3, p < 0.01, d = 0.92$, also phase factor shows significant effect $F(1, 51) = 6.3, p < 0.01, d = 0.91$; the Group X Phase interaction also show significant effect $F(1, 51) = 5.2, p < 0.01, d = 0.92$. These results indicate that subjects with RTT showed a positive trend in improving scores from pre-test to post/test phases compared to the scores of the awaiting treatment group. As expected, this finding is in line with existing literature (15; 19; 32; 35).

Табела 2. Средна вредности и стандардна девијација на резултатите од играњето
Table 2. Mean value and standard deviation of the game results

Groups Групи	Digital Games Дигитални игри	Pre-test Пред тестирање	Post-test После тестирање
Treatment Group Група на третман	Black Screen Enganment ¹ Поврзување со црн екран	M (SD) 1.22 (0.64)	M (SD) 1.77 (0.80)
	Object Displacement ² Поместување на предмети	64.45 (50.32)	80.55 (51.98)
	Zoned Focusing ³ Зонско фокусирање	6.64 (10.24)	10.64 (10.42)
	Active Exploration ⁴ Активно истражување	4.82 (2.61)	7.09 (2.29)
	Controlled Targeting ⁵ Контролирано таргетирање	23.64 (15.46)	44.91 (23.92)
Awaiting Treatment Group Група што чека третман	Black Screen Enganment ¹ Поврзување со црн екран	0.50 (0.60)	0.65 (0.78)

Object Displacement ² Поместување на предмети	34.55 (54.23)	34.10 (49.85)
Zoned Focusing ³ Зонско фокусирање	2.34 (12.65)	2.35 (12.40)
Active Exploration ⁴ Активно истражување	1.90 (2.65)	1.90 (2.34)
Controlled Targeting ⁵ Контролирано таргетирање	14.22 (12.50)	14.24 (12.48)

Note/Забелешка

¹= number of hitted pies/1=број на удени пити

²= number of cakes in the face/2=број на торти во лице

³= number of hitted fruits/3=број на удени овошја

⁴= number of hitted statues/4=број на удени статуи

⁵= number of hitted bees/5=број на удени пчели

Во Табела 3 се прикажани средната вредност и стандардната девијација за внимание, мотивација, следење на окото, психолошките мери и функционалните скали. Во однос на мерите на вниманието, групниот фактор покажува значаен ефект, $F(1, 51) = 7.2$, $p < 0.01$, $d = 0.91$; исто така фазниот фактор покажува значаен ефект $F(1, 51) = 4.2$, $p < 0.01$, $d = 0.91$, и фазата Група X интеракцијата покажува значаен ефект $F(1, 51) = 6.7$, $p < 0.01$, $d = 0.92$. Овие резултати обезбедуваат докази дека DGBL има ефект врз минутите што субјектите со РТТ ги поминуваат гледајќи во игрите и во лицето на истражувачот. Во однос на мерите за следењето на окото, повторно, значаен ефект беше утврден. Поточно, групниот фактор покажува значаен ефект, $F(1, 51) = 4.2$, $p < 0.01$, $d = 0.90$, исто така фазниот фактор покажува значаен ефект $F(1, 51) = 7.3$, $p < 0.01$, $d = 0.92$ и фазата Група X интеракцијата покажува значаен ефект $F(1, 51) = 5.2$, $p < 0.01$, $d = 0.92$. можно е да се заклучи дека и двата параметри FC и FL за секоја од игрите се зголемуваат од пред тренингот до после тренингот кај групите што се изложени на DGBL.

Table 3 shows the means and standard deviation of attention, motivation, eye-tracking, physiological measures and functional scales. With reference to the attention measure, group factor shows significant effect, $F(1, 51) = 7.2$, $p < 0.01$, $d = 0.91$; also phase factor shows significant effect $F(1, 51) = 4.2$, $p < 0.01$, $d = 0.91$, and the Group X Phase interaction also shows significant effect $F(1, 51) = 6.7$, $p < 0.01$, $d = 0.92$. These results provide evidence that DGBL had an effect on the minutes that subjects with RTT spent looking at the games and experimenter face. As regards eye-tracking measures, again, a significant effect was found. Precisely, group factor shows significant effect, $F(1, 51) = 4.2$, $p < 0.01$, $d = 0.90$, also phase factor shows significant effect $F(1, 51) = 7.3$, $p < 0.01$, $d = 0.92$, and the Group X Phase interaction also shows significant effect $F(1, 51) = 5.2$, $p < 0.01$, $d = 0.92$. It was possible to state that both FL and FC parameters for each game increased from the pre-training to the post- training in the group exposed to the DGBL.

Табела 3. Средна вредносѝ и сѝандардна девијација кај коѝнитивниѝе, моѝивациониѝе и ѝсихолошкиѝе мери

Table 3. Mean values and standard deviations in cognitive, motivation and psychological measures

Groups Групи	Measures Мери	Pre-test Пред тестирање	Post-test После тестирање
Treatment Group Група на третман	<u>Multiple baseline sessions administration</u> <u>Администрација на повеќе основни сесии</u>	М (SD)	М (SD)
	Minutes of attention/Минути на внимание		13.34 (3.98)
	FL	10.50 (2.91)	91 (9.10)
	FC	32 (7.05)	58 (9.08)
	Motivation/happiness/Мотивација/Среќа	8 (7.03)	6.21 (2.10)
	Physiological measures/Психолошки мери	3.25 (1.20)	96.32 (7.10)
	HR		0.7 (0.23)
	EDA	92.10 (6.20)	
		0.3 (0.03)	
	<u>Single administration/Една администрација</u>		
	Vineland/Винеланд	109.2 (14.20)	113.7 (7.60)
	Rars/Papc	72.6 (8.20)	75.7 (7.21)
	Raven/Пејвен	6.3 (2.80)	6.8 (3.1)
Awaiting Treatment Group Група што чека третман	<u>Multiple baseline sessions administration</u> <u>Администрација на повеќе основни сесии</u>		3.34 (3.98)
	Minutes of attention/Минути на внимание		12 (9.10)
	FL	3.40 (2.65)	4 (9.08)
	FC	12 (7.05)	2.01 (2.10)
	Motivation/happiness/Мотивација/Среќа	3 (7.03)	
	Physiological measures/Психолошки мери	1.50 (1.20)	68.23 (7.10)
	HR		0.2 (0.23)
	EDA	65.10 (6.20)	
		0.2 (0.03)	
	<u>Single administration/Една администрација</u>		
	Vineland/Винеланд	102.3 (14.20)	102.3(7.60)
	Rars/Papc	61.4 (8.20)	61.7(7.21)
	Raven/Пејван	4.2 (2.80)	4.2 (3.1)

Во однос на мерите за мотивацијата/среќата и психолошките параметри, ние повторно најдовме значаен ефект. Групниот фактор покажува значаен ефект $F(1, 51) = 8.6, p < 0.01, d = 0.92$, исто така фазниот фактор покажува значаен ефект, $F(1, 51) = 4.6, p < 0.01, d = 0.91$, и фазата Група X интеракцијата покажува значаен ефект $F(1, 51) = 7.2, p < 0.01, d = 0.92$. Овие резултати обезбедуваат доказ дека DGBL има ефект врз среќата кај субјектите со РТТ. Особено, тие покажуваат поголема насоченост на погледот кон мониторот, фацијалната експресија, звуци, движења на устата, движења на главата и конвенционалните гестови во фазите на пред и после тестирање. Како што е опишано во делот за методите, рамките (од 2 до

With reference to motivation/happiness measure and physiological parameters, we again found significant effects. Group factor shows significant effect, $F(1, 51) = 8.6, p < 0.01, d = 0.92$, phase factor shows significant effect too, $F(1, 51) = 4.6, p < 0.01, d = 0.91$, and the Group X Phase interaction show also significant effect $F(1, 51) = 7.2, p < 0.01, d = 0.92$. These results provided evidence that the DGBL had an effect on the happiness of the subjects with RTT. In particular, they showed higher levels of gaze direction toward the monitor, facial expression, sounds, mouth movements, head movements and conventional gestures in the post-test

6 минути од секоја игра) од презентацијата на видео-камерата на следачот на очи беа кодирани од страна на двајца независни набљудувачи кои покажаа договор од 96 %.

Во однос на функционалните скали на една администрација, не најдовме значаен ефект кај двете групи во фазите на пред и после тестирање. Овие резултати се совпаѓаат со претходните резултати во литературата бидејќи апаратите на висока технологија обезбедуваат подобрување на специфичните резултати од играњето, но многу малку подобрување на независните функционални скали (7).

Дискусија

Главната цел на презентираната работа е да се проучи улогата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед во подобрувањето на способностите за внимание и мотивација кај субјектите со РТТ. Посебно, ние имавме цел да процениме дали има модификации во способностите за внимание и мотивација, после употребата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед за 30 минути, 5 дена во неделата, за период од 4 недели.

Во однос на способноста за внимание, резултатите укажуваат дека DGBL имаат ефект врз минутите кои субјектот со РТТ ги поминува гледајќи во игрите и во лицето на истражувачот. Уште повеќе, FL и FC параметрите за секоја игра се зголемуваат во фазата после тестирањето. Овие резултати даваат доказ дека DGBL може да ги подобри способностите за внимание кај лицата со РТТ. Слично, DGBL обезбедува позитивни резултати во однос на мотивационите способности. И двете афективни (индекс на среќа) и психолошки (HR и EDA) мери се зголемуваат во фазата после тестирањето.

Друга цел на ова истражување беше да се анализираат резултатите во однос на резултатите од играњето врз мерите на внимание и мотивација кои се ограничени на овие области или дали истите може да се генерализираат кај независните функционални вештини (како што се тие измерени од Винеланд; Скалите РАР). Како што покажале претходните истражувања (7, 54-55), ние не успеавме да ги подобриме независните функционални вештини. Како и да е, овие резултати укажуваат на подобрување на перформансите кај резултатите поврзани со играњето на игри, вниманието и мотивацијата. Земени заедно, резултатите нудат поддршка за идејата дека DGBL може ефективно да се користи кај индивидуите со РТТ. Како што е наведено во воведот на ова истра-

than in the pre-test phase. As described in the methods section, the frames (from the second to the sixth minute for each game) of the video-camera of the eye-tracker presentation were coded by two independent observers, who showed an interagreement of 96%.

With reference to the functional single administration scales, we did not find significant differences from pre-test to post-test in the two groups. This result is coherent with previous literature given that high-tech devices provide improvements in the specific game performance scores, but relatively little improvement in independent functional skills (7).

Discussion

The main purpose of the present work was to study the role of eye-gaze digital games to improve attentional and motivation abilities in subjects with RTT. Specifically, we aimed to assess if there were modifications in attentional and motivation abilities, after the use of eye-gaze digital games for thirty minutes, 5 days a week, for four months.

With reference to attention abilities, the results indicated that DGBL had an effect on the minutes that subjects with RTT spent looking at the games and at the experimenter's face. Moreover, FL and FC parameters for each game increased in the post test phase. These findings provide evidence that DGBL can improve attention abilities in RTT. Similarly, DGBL provided positive results with reference to motivation abilities. Both affective (happiness index) and physiological (HR and EDA) measures increased in the post-test phase.

Another aim of the present study was to analyse if the results on the game performance measures, on attention and motivation measures were limited to these areas or if they can be generalized to independent functional skills (as those measured by Vineland, RARS scales). As previous studies have also shown (7; 54-55), we failed to improve independent functional skills. However, our findings indicated performance enhancements in the measures related to game performance, attention and motivation. Taken together, the results offer support to the idea that DGBL can be used effectively with individuals with RTT. As evidenced in the introduction of the current study, the

жување, употребата на дигитални игри кои се управуваат со поглед кај лицата со РТТ е област која не е длабински истражувана. Поради овие причини, тешко е да се споредат овие резултати со други, ако се земе предвид исто така дека РТТ има многу специфични карактеристики. И покрај тоа, постојат привлечни аргументи за употребата на DGBL од страна на телесно способните лица и лицата со попреченост. Ако се земат предвид овие докази и добиените резултати, изгледа можно промовирањето на имплементацијата на дигиталните игри кои се управуваат со поглед во контекст на едукација и учење дури и кај генетските синдроми, како што е РТТ. Идните истражувања е потребно да ја изградат оваа основа и да утврдат кои препораки засновани на докази за тоа како DGBL може да се употребува во врска со специфичните карактеристики на лицата со РТТ. Затоа, за да се осигурат побогати резултати, идните истражувања можат да го реплицираат ова истражување.

Како заклучок, ова истражување предлага метод за зголемување на нивото на мотивација кај субјектите со РТТ за клиничарите и семејствата во кои фокусот може да биде DGBL околината. Ваков метод може да помогне во развивање на пристапни DGBL апликации кои ќе им бидат од корист на индивидуите со РТТ.

Признание

Авторите им се заблагодаруваат на сите девојчиња и нивните семејства кои се согласија да учествуваат во ова истражување.

Конфликт на интереси

Авторите укажуваат дека не постои конфликт на интереси и извор на финансирање. Сите процедури на ова истражување кои вклучуваат човечки учесници беа во согласност со етичките стандарди од институционалните и националните комитети за истражување и со Хелшинската декларација од 1964 година и нејзините амандмани или етички стандарди. Информативна согласност беше добиена од родителите на учесниците кои беа вклучени во ова истражување.

use of eye-gaze digital games in RTT is an area which has not been investigated in depth. For these reasons, it is difficult to compare our results with others, considering also that RTT has very specific characteristics. Despite this, there are compelling arguments for the use of DGBL with the able-bodied and disabled people. Considering this evidence and the present results, it seems plausible to promote the implementation of eye-gaze digital games in the context of education and learning even in a genetic syndrome, such as RTT. Future prospective research is needed to build this foundation and to determine the evidence-based recommendations on how DGBL can be used in relation to specified features of people with RTT. Hence, to ensure richness of data, future research could replicate the current work.

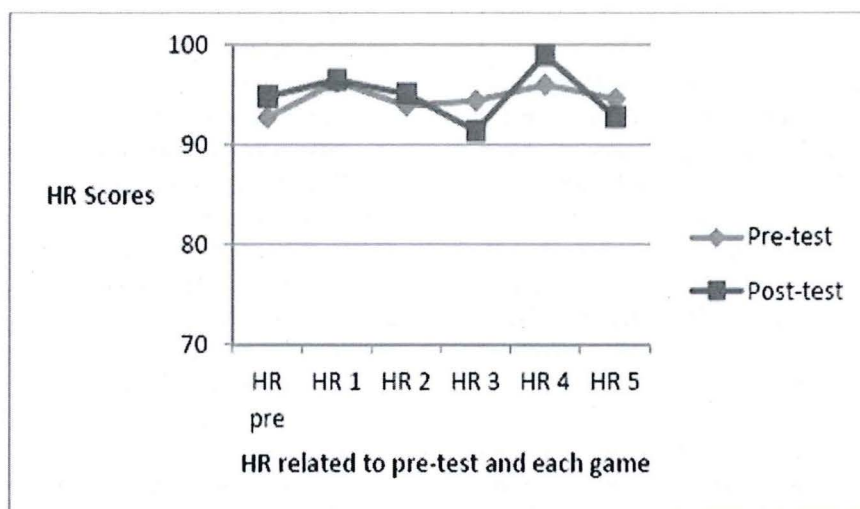
In conclusion, the present study suggests a method to increase motivation levels in subjects with RTT for clinicians and families in which the focus may be the DGBL environment. Such method can help in developing accessible DGBL applications that are useful for individuals with RTT.

Acknowledgements

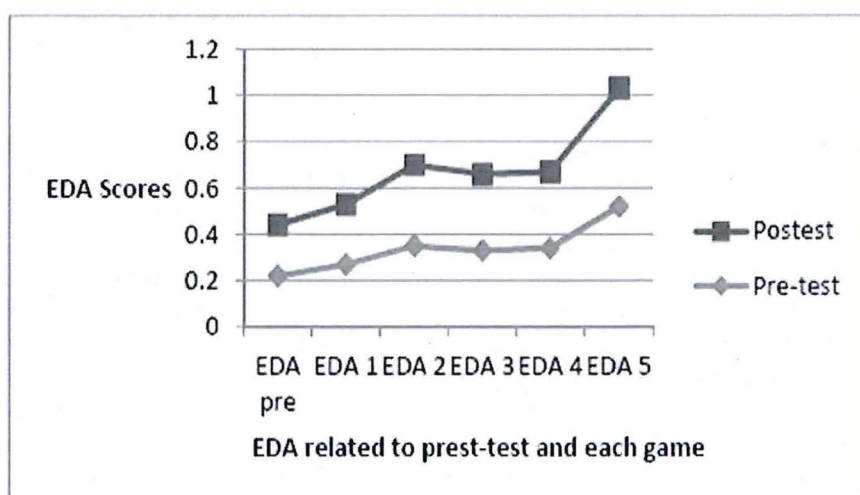
The authors thank all the girls and their families who agreed to participate in this study.

Disclosure Statement

The authors declare no conflict of interest and no source of funding. All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards. Informed consent was obtained from parents of the participants included in the study.



Слика 6. Резултатите од срцева мера во пред-тестот и за секоја мера фазите на пред-тестот и пост-тестот
Figure 6. HR scores in pre-test and each game related to pre-test and post-test phases



Слика 7. Резултатите од срцева мера во пред-тестот и за секоја мера фазите на пред-тестот и пост-тестот
Figure 7. HR scores in pre-test and each game related to pre-test and post-test phases

Литература / References:

1. Prensky M. The Digital Game-Based Learning Revolution. McGraw-Hill, 2001.
2. Tang S, Hanneghan M, El Rhalibi A. Introduction to games based learning. G mames Based Learning Advancements for MultiSensory Human Computer Interfaces. New York: IGI Global, 2009.
3. Hwang GJ, Wu PH. Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. British Journal of Educational Technology 2012; 43: 6–10. doi:10.1111/j.1467-8535.2011.01242.x
4. Ke F, Abras T. Games for engaged learning of middle school children with special learning needs. British Journal of Educational Technology 2013; 44:225–242. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01326.x
5. Zain NI, Jaafar A. Integrating Digital Games Based Learning Environments with Eye Gaze-based Interaction. International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Robotics, Putrajaya, Malaysia, 2011.
6. Erhel S, Jamet E. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and

- learning effectiveness. *Computers & Education* 2013; 67: 156-167.
7. Bakker M, van den Heuvel-Panhuizen M, Robitzsch A. Effects of mathematics computer games on special education students' multiplicative reasoning ability. *British Journal of Educational Technology* 2016; 47:633-648. doi:10.1111/bjet.12249
8. Mohammadhasani N, Fardanesh H, Hatami H, Mozayani N, Fabio RA (2018). The Pedagogical Agent Plays and Enhances Mathematics Learning in ADHD Students. *Educational and Information Technologies* 2018; 1-10. DOI:10.1007/s10639-018-9710-x
9. Fabio RA, Antonietti A. Effects of hypermedia instruction on declarative, conditional and procedural knowledge in ADHD students. *Research in Developmental Disabilities* 2012; 33:2028-2039.
10. Rytterström P, Borgestig M, Hemmingsson H. Teachers'experiences of using eye gaze-controlled computers for pupils with severe motor impairments and without speech. *European Journal of Special Needs Education* 2016; 31:506-519. DOI: 10.1080/08856257.2016.1187878
11. Stokes TS, Roden P. Establishing the key components of an eye gaze assessment for a child with a severe neurodisability using nominal group technique. *Edorium Journal of Disability and Rehabilitation* 2017; 3:62-68.
12. Bebbington A, Anderson A, Ravine D, et al. Investigating genotype-phenotype relationships in Rett syndrome using an international data set. *Neurology* 2008; 70:868-875.
13. Cass H, Reilly S, Owen L et al. Findings from a multidisciplinary clinical case series of females with Rett syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2003; 45:325-337
14. Fabio RA, Oliva P, Mordaca AM. Systematic and emotional contents in overselectivity processes in autism. *Research in Autism Spectrum Disorder* 2011; 5:575-583.
15. Fabio RA, Gangemi A, Capri T, Budden S, Falzone A. Neurophysiological and cognitive effects of Transcranial Direct Current Stimulation in three girls with Rett Syndrome with chronic language impairments. *Research in Developmental Disabilities* 2018; 76:76-87.
16. Falzone AM, Gangemi A, Fabio RA. Genotype-Phenotype Relationships in Language Processes in Rett Syndrome. Urbano KV eds. In: *Advances in Genetic Research*. New York: Nova Science Publisher, 2015: 1-15.
17. Anderson A, Wong K, Jacoby P, Downs J, Leonard H. Twenty years of surveillance in Rett syndrome: What does this tell us? *Orphanet Journal of Rare Disorders* 2014; 9: 78-87.
18. Ehrhart F, Coort SLM, Cirillo E, Smeets E, Evelo CT, Curfs L. New insights in Rett syndrome using pathway analysis for transcriptomics data. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 2016; 166(11-12): 346-352.
19. Fabio RA, Magaouda C, Capri T, Towey GE, Martino G. Choice Behavior in Rett syndrome, the consistency parameter. *Life Span and Disability* 2018; 31: 47-62.
20. Fabio RA, Capri T, Lotan M, Towey GE, Martino G. Motor abilities are related to the specific genotype in Rett Syndrome. Urbano KV eds. In: *Advances in Genetic Research*. New York: Nova Science Publisher, 2018: 79-108.
21. Castelli I, Antonietti A, Fabio RA, Lucchini B, Marchetti A. Rett syndrome girls possess Theory of Mind. *Life Span and Disability* 2013; XVI, 2:157-168.
22. Fabio RA, Colombo B, Russo S et al. Recent Insights into Genotype-Phenotype Relationships in Patients with Rett Syndrome Using a Fine Grain Scale. *Research in Developmental Disabilities* 2014; 35(11): 2976-2986.
23. Rose SA, Djukic A, Jankowski JJ, Feldman JF, Rimlerd M. Aspects of attention in Rett syndrome. *Pediatric Neurology* 2016; 57:22-28.
24. Townend GS, Kaufmann WE, Marschik PB, Fabio RA, Sigafoos J, Curfs LMG. Cognition, communication and behaviour in individuals with Rett syndrome. Kaufmann WE ed. In: *Rett Syndrome*. London: Mac Keith Press, 2016: 52-60.
25. Gangemi A, Fabio RA, Capri T, Falzone AM. Neuroplasticity and Cognitive Empowerment: Relationships and New Methodic Directions. Costa AVillaba E eds. In: *Horizons in Neuroscience Research*. New York: Nova Science Publisher, 2016: 177-213.
26. Gangemi A, Capri T, Fabio RA, Puggioni P, Falzone AM, Martino G. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Cognitive Empowerment for the functional recovery of diseases with chronic impairment and genetic etiopathogenesis. Urbano KV eds. In: *Advances in Genetics Research*. New York: Nova Science Publisher, 2018: 179-196.
27. Vignoli A, Fabio RA, La Briola F et al. Correlations between neurophysiological, behavioral, and cognitive function in Rett syndrome. *Epilepsy & Behavior* 2010; 17:489-496.
28. Chapleau CA, Lane J, Larimore J, Li W, Pozzo-Miller L, Percy AK. Recent progress in Rett syndrome and MeCP2 dysfunction: Assessment of potential treatment options. *Future Neurology* 2013; 8(1): 21-28.
29. Fabio RA, Antonietti A, Marchetti A, Castelli I. Attention and communication in Rett syndrome.

- Research in Autism Spectrum Disorders 2009; 3: 329–335.
30. Fabio RA, Giannatiempo S, Antonietti A, Budden S. The role of stereotypes in overselectivity processes in Rett Syndrome. *Research in Developmental Disabilities* 2009; 30: 136–145.
31. Fabio RA, Castelli I, Antonietti A, Marchetti A. Training communication abilities in Rett Syndrome through reading and writing. *Frontiers in Psychology for Clinical Settings* 2013; 4:1-9 doi: 10.3389/fpsyg.2013.00911.
32. Stasolla F, De Pace C, Damiani R, Di Leone A, Albano V, Perilli V. Comparing PECS and VOCA to promote communication opportunities and to reduce stereotyped behaviors by three girls with Rett syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders* 2014; 8(10): 1269–1278.
33. Stasolla F, Perilli V, Di Leone A, et al. Technological aids to support choice strategies by three girls with Rett syndrome. *Research in Developmental Disability* 2015; 36: 36–44.
34. Fabio RA, Giannatiempo S, Oliva P, Murdaca, A.M. The increase of attention in Rett Syndrome. A pretest-post test research design. *Journal of Developmental and Physical Disability* 2011; 23:99–111.
35. Fabio RA, Billeci L, Crifaci G, Troise E, Tortorella G, Pioggia G. Cognitive training modifies frequency EEG bands and neuropsychological measures in Rett syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 2016; 53-54:73–85.
36. El-Nasr MS, Yan S. Visual attention in 3D video games. In *ACE 06 Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on advances in computer entertainment technology*. New York, 2006.
37. Kickmeier-Rust MD, Hillemann E, Albert D. Tracking the UFO's Paths: Using Eye-Tracking for the Evaluation of Serious Games. In *Virtual and Mixed Reality-New Trends*. Orlando, FL, USA: Springer, 2011: 315–324.
38. Sennersten CC, Lindley CA. Real time eye gaze logging in a 3D game/simulation world. *Key Engineering Materials* 2010; 437: 555–559.
39. Klein R, Kingstone A, Pontefract A. (1992) Orienting of visual attention. In *Eye Movements and Visual Cognition*. New York, NY, USA: Springer, 1992: 46–65.
40. Schneider WX, Deubel H. Visual attention and saccadic eye movements: Evidence for obligatory and selective spatial coupling. *Studies of Visual Information Processing* 1995; 6: 317–324.
41. Frutos-Pascual M, Garcia-Zapirain B. Assessing Visual Attention Using Eye Tracking Sensors in Intelligent Cognitive Therapies Based on Serious Games. *Sensors* 2015; 15: 11092–11117. doi:10.3390/s150511092
42. Grove N, Bunning K, Porter J, Olsson C. See what I mean: Interpreting the meaning of communication by people with severe and profound intellectual disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities* 1999; 12: 190–203.
43. Green CW, Reid DH. Defining, validating, and increasing indices of happiness among people with profound multiple disabilities. *Journal of Applied Behavior Analysis* 1996; 29: 67–78.
44. Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D et al. *Physiological Changes Associated with Emotion*. In *Neuroscience* 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 2001.
45. Armony J, Vuilleumier P. *The Cambridge Handbook of Human Affective Neuroscience*. Cambridge University Press, 2013.
46. Touré-Tillery M, Fishbach A. How to Measure Motivation: A Guide for the Experimental Social Psychologist. *Social and Personality Psychology Compass* 2014; 8(7): 328–341. DOI: 10.1111/spc3.12110
47. Van der Maat S. Communicatie tussen personen met een diep mentale handicap en hun opvoed(st)ers (Communication between persons with a profound intellectual disability and their primary caregivers). Leuven: Garant, 1992.
48. Jang EH, Park BJ, Park MS, Kim, SH, Sohn J. H. Analysis of physiological signals for recognition of boredom, pain, and surprise emotions. *Journal of Physiology and Anthropology* 2015; 34(1): 25–35. doi: 10.1186/s40101-015-0063-5
49. Braithwaite JJ, Watson DG, Jones R, Rowe M. A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments. *Psychophysiology* 2013; 49: 1017–1034.
50. Fabio RA, Martinazzoli C, Antonietti A. Costruzione e standardizzazione dello strumento "R.A.R.S." (Rett Assessment Rating Scale). *Ciclo Evolutivo & Disabilità* 2005; 8: 257–381.
51. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* 4th edition. Washington: American Psychiatric Press, 2000.
52. Raven J. *Progressive Matrices*. Mental Health, 1940; 1: 10–18.
53. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Routledge Academic, 1988.
54. Djukic A, Valicenti McDermott M, Mavrommatis K, Martins CL. Rett syndrome: Basic features of visual processing-a pilot study of eye-tracking. *Pediatric Neurology* 2012; 47(1): 25–29.



55. Rose SA, Djukic A, Jankowski JJ, Feldman JF, Fishman I, Valicenti-McDermott M. Rett syndrome: An eye-tracking study of attention and recognition

memory. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2013; 55(4): 364–371.