

**ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ „НЕОФИТ РИЛСКИ” –
БЛАГОЕВГРАД**

ФИЛОСОФСКИ ФАКУЛТЕТ КАТЕДРА „ПСИХОЛОГИЯ”

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователната и научна
степен „доктор” по Педагогическа и възрастова психология

**ФУНКЦИОНАЛНА ЛАТЕРАЛИЗАЦИЯ ПРИ ДЕЦА С
РАЗСТРОЙСТВО С ДЕФИЦИТ НА ВНИМАНИЕТО И
ХИПЕРАКТИВНОСТ**

Докторант: **Кириаки Димитриос Белиду**

Научен ръководител: **доц. д-р Теодор Гергов**

Благоевград, 2025

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита от катедра „Психология” при Философски факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски”.

Дисертацията съдържа 157 страници съдържателно обособени в увод, три глави, обобщение, изводи, приноси, библиография и приложения. Библиографията съдържа 203 заглавия на латиница. Разработката е онагледена с 34 таблици и 17 фигури.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 23.05.2025г. от 11:00 часа в зала 210А на УК1 на ЮЗУ „Неофит Рилски” на открито заседание на Научното жури.

ВЪВЕДЕНИЕ

Данните от предходни изследвания свидетелстват за наличието на връзка между атипичната или недостатъчна функционална латерализация на мозъка и появата и персистирането на симптоми на нарушено детско развитие. Въпреки това, поради хетерогенността на невроразвитийните нарушения и сложноинтермеждундивидуална вариативност, свързана с неговите прояви, все още има много нерешени въпроси, които чакат задоволителен и емпирично добре подкрепен отговор.

СХДВ е хетерогенно разстройство и по етиология, и по фенотипни прояви. Това е едно от онези разстройства на нервно-психичното развитие, които се считат за патофизиологично свързани с атипична латерализация на мозъчната функция. Това превръща връзката между СХДВ и атипичния модел на функционална хемисферна латералност във важен изследователски проблем. Настоящата докторска дисертация беше посветена точно на този изследователски проблем.

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧНИ ПОСТАНОВКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

1.1 Латерализация на мозъка при човека: исторически и съвременни перспективи

Латерализацията на мозъка е концепция, която се отнася до разпределението на функциите между дясната и лявата мозъчни хемисфери (ДХ и ЛХ) и отразява тенденцията към специализация на всяка от двете полукълба за различни невронни функции или когнитивни процеси (Hellige, 1993; Toga, & Thompson, 2003; Vallortigara & Rogers, 2005).

В наши дни феноменът „мозъчна латерализация“ се разбира и изследва като функционална асиметрия и функционална интеграция на мозъчните хемисфери при обработката на всяка сложна дейност и поведение (Wada, 2009).

1.1.1 Историческо развитие на концепцията за функционална специализация на мозъка

Асенова (2004) прави кратък преглед на историческото развитие на концепцията за функционална мозъчна латерализация и описва основните етапи, през които е преминала теорията за мозъчната латералност. Първият етап беше доминиран от концепцията за абсолютното доминиране на лявата хемисфера в мозъчната функция на човека.

Натрупването на два вида емпирични данни: данни, показващи активното участие на ДХ в някои аспекти на обработката на речта и езика, и данни, предполагащи, че ЛХ участва в обработката на невербални гностични функции, е компрометирало доминиращите възгледи и е довело до появата на нова концептуализация, че само при хората с дясна ръка ЛХ има относителна доминация в свързаните с езика функции и ДХ има относителна доминация в невербалните функции.

По време на третия етап, който продължава и до днес, функционалната латерализация на мозъчната функция се разглежда като функционална хемисферна специализация и хемисферно взаимодействие при обработката на всички сложни умствени дейности (за преглед виж Асенова, 2004).

Съвременните концепции за функционалната мозъчна специализация намират нарастваща емпирична подкрепа от клинични наблюдения, но най-вече от проучвания, използващи различни изследователски методи, като постмортални изследвания на човешки мозъци, търсещи разлики в структурите на ЛХ и ДХ; *in vivo* изследвания с техниките на електроенцефалография, магнитоенцефалография, евокирани потенциали, ядрено-магнитен резонанс, позитронно-емисионна томография, транскраниална доплерова сонография, позитронна емисионна компютърна томография; невропсихологична оценка на лица с различни видове мозъчна патология; както и проучвания, използващи поведенчески методи за оценка на

междухемисферните различия в изпълнението на перцептивни задачи като тахистоскопско тестване, дихотично слушане или дихаптично (тактилно) тестване (Асенова, 2018).

1.1.2 Съвременни концепции за функционалната специализация на мозъка

Много проучвания със здрави субекти от всички възрасти, дори в зародишна възраст (Hering-Hanit et al., 2001), показват ясни разлики в структурата и морфологията на хомоложните области на ЛХ и ДХ, в обема на кортекса, обема на сивото вещество, кохезията на бялото вещество, размера на повърхността или кортикалната дебелина (Luders et al., 2006; Qiu et al. 2011).

Кортикалната асиметрия има молекулярна основа и ляводясната специализация отразява асиметрично кортикално развитие в ранните етапи (Sun et al., 2005). Най-изявените анатомични разлики между двете хемисфери са открити в областите, свързани с речта, с по-изразени асиметрии вляво както в кортикалните (Toga & Thompson, 2003), така и в субкортикалните структури (Chang et.al., 2015). Тези структурни асиметрии на хемисферите демонстрират връзка с функционалната хемисферна специализация, с доминиране на ЛХ за езикови и мануални функции и доминиране на ДХ за пространствена и лицева перцепция, и емоционално процесирание (Herve et al., 2013).

Резултатите, получени чрез класическите методи на невропсихологичното изследване, се потвърждават и обогатяват от проучвания, използвали съвременните невроизобразителни методи като позитронна емисионна томография (PET), транскраниална доплерова сонография (TSD), функционален магнитен резонанс (fMRI).

1.2 Концептуализация на ръкостта

Ръкостта се разглежда като най-очевидният признак на мозъчната латерализация при хората. На ниво генерална

популация се отчита силно предпочитание към използването на едната ръка вместо другата за целенасочени мануални дейности. Същата тенденция може да се наблюдава при много животински видове, и особено при маймуните (Vallortigara et al., 2011).

Счита се, че леворъкостта винаги е присъствала при хората през цялата история на тяхното развитие като вид (Springer, Deutch, 1990). Според изследванията, докладваната понастоящем честота на леворъкост (около 10%) съществува още от периода на палеолита (Faurie, & Raymond, 2004). Освен това, тенденцията към десноръкост явно присъства сред всички култури и раси (Faurie & Raymond, 2004).

1.2.1 Невроанатомични корелати на ръкостта

Връзката между ръкостта и анатомичните мозъчни асиметрии е проблем, тясно свързан с въпроса за произхода на ръкостта и нейните генетични корелати. Резултатите от невроанатомичните изследвания обаче не са достатъчно консистентни (Sha et al., 2021), като недостатъчната представителност на изследваните извадки се счита за една от основните причини за това несъответствие (Wiberg et al., 2019).

1.2.2. Произходът на човешката ръкост

Както наследствените, така и факторите на средата играят роля при определянето на ръкостта на човека (Ocklenburg, & Güntürkün, 2012). Резултатите от проведените към момента изследвания убедително доказват, че ръкостта поне отчасти е под генетичен контрол (Brandler & Paracchini, 2014).

През годините са създадени различни генетични модели за произхода на ръкостта. Хронологично първите модели постулират, че един единствен ген контролира ръкостта. Най-популярните еднородни модели на ръкостта принадлежат на Annett (известен като „теория за дясностраничното изместване“ - Annett, 1985; 1998) и на McManus (1985).

Теорията на Гешуинд и Галабурда (Geschwind, Galaburda 1987) за церебралната латерализация също се очертава като

популярна и често обсъждана теория за мозъчната латерализация.

Социалните теории за ръкостта твърдят, че тя е резултат от влиянията на социалната среда, които оформят нейната посока и величина. Повечето от техните постулати не са намерили задоволителна емпирична подкрепа (виж Асенова, 2004).

Има данни, че мануалното предпочитание става видимо още към 6-ия месец след раждането, т.е. това е времето, когато бебето започва доброволно да посяга към предмети и да ги хваща (виж Scharoun & Bryden, 2014). Най-вероятно този модел на ръкостта, видим толкова рано в живота на човека, отразява по-скоро посоката, отколкото силата на мануално предпочитание, такава каквато ще бъде проявена в зрялата възраст субекта.

1.3 Други форми на странични предпочитания

1.3.1 Кракост, окост и ухост – дефиниране и разпространение

Без съмнение ръкостта е най-видимата форма на латералност в ежедневните дейности, но освен нея има още 3 форми на латералност – една двигателна и две сетивни, а именно предпочитанията за по-често използване на единия крак, око и ухо. По аналогия на ръкостта, тези латерални предпочитания се наричат кракост, окост и ухост. Отново подобно на мануалните предпочитания, всички тези латерални предпочитания демонстрират отклонения в дясно сред генералната популация в световен мащаб (Strauss & Wada, 1983).

Що се отнася до честотата на десноокостта, статистиката показва противоречиви резултати. Например, според Porac & Coren (1976) около 70% от хората са деснооки. Bourassa, McManus, & Bryden (1996) съобщават, че един на всеки трима левоок.

Няколко години по-късно Reiß и Reiß (1997) провеждат епидемиологично проучване на четирите сензорни и двигателни латерални предпочитания и техните корелации в извадка от възрастни германци и установяват, че 91% от участниците са десноръки, 74% са деснокраки, 66% са деснооки и 63% са десноухи. Тези автори наблюдават свързани с пола различия в честотата на дясноръкостта и деснокракостта, но не и за останалите две сензорни латерални предпочитания – окост и ухост, като повече жени са десноръки и деснокраки в сравнение с мъжете.

1.3.2 За конгруентността между различните категории латерални предпочитания

Досега проучванията, изследващи връзката между различните латерални предпочитания са получили сравнително сходни резултати, а именно за най-силна връзка между ръкост и кракост и по-слаби връзки между ръчност и окост и ухост (Barutcenk et al., 2007; Muraleedharan, Ragavan & Devi, 2020).

Всъщност, проведените проучвания разкриват значителна положителна корелация между ръкостта и кракостта, което подкрепя хипотезата за споделена биологична основа на латерализацията на двигателните функции при човека (за подробности виж Packheiser et al., 2020).

1.3.3 За връзката между латералните сензорни и моторни предпочитания и латерализацията на когнитивната функция

Друг аспект на проблема за латералните предпочитания е свързан с връзката им с церебралната латерализация на когнитивните функции и най-вече на езиковите. Тези релации са далеч по-слабо проучени и остават по-дискусионни в сравнение с релацията „ръкост-хемисферна доминантност“.

Поради контрола на контралатералната хемисфера над инервацията на горните и долните крайници, се предполага, че видът и силата на връзката между кракостта и езиковата

латерализация ще бъдат подобни на тези, наблюдавани между ръкостта и езиковата латерализация (Pogac & Coren, 1981). Резултатите от малкото на брой проучвания на връзката между кракостта и хемисферната доминираност са относително консистентни и показват, че кракостта може да бъде по-добър предиктор за доминантността за езика, отколкото ръкостта (Elias & Bryden, 1998), както и по-добър предиктор на латерализацията на емоциите в сравнение с ръкостта (Elias & Bryden, & Bulman-Fleming 1998).

1.4 Към общата рамка на хемисферните асиметрии в процесите на внимание

1.4.1 Внимание – определение, характеристики, видове

Прегледът на литературата разкрива два основни подхода към изследването на вниманието: класически подход и съвременен подход. В рамките на класическия подход вниманието се разглежда като единен механизъм, който стои в основата на обработката на всеки съзнателен психичен акт, и се разглежда като когнитивен механизъм, който лежи в основата на съзнателното психично функциониране на човека. В рамките на съвременната когнитивна перспектива вниманието се разглежда като сложна, многокомпонентна система, изградена от три различни автономни подсистеми, наречени бдителност, ориентиране (или селективно внимание) и екзекутивно внимание. Тази концептуализация на механизмите на вниманието и неговите компоненти, която към момента остава най-известната и емпирично подкрепена такава, принадлежи на Posner (1980).

1.4.2 Латерализация на системите на вниманието

Възгледът, че латерализираният мозък на съвременния човек е предимство за неговото оцеляване, намира все по-солидни емпирични доказателства (Posner et al., 2014). По отношение както на степента, така и на посоката на хемисферната

асиметрия, един общ модел на хемисферна латерализация, включващ лявохемисферна латерализация на езика, речта и праксиса, и дяснохемисферна локализация на перцепцията и експресията на емоции, пространствено възприятие, лицева перцепция и процесите на внимание, се наблюдава при повечето хора (вижте Asenova, 2018).

При хората ДХ обработва информация, свързана със собственото тяло (Saj, 2014), с разпознаване на човешки лица (Rossion & Lochy, 2022) и възприемане и изразяване на емоции, особено на така наречените първични емоции и отрицателни емоции (за разлика от ЛХ, който медира възприемането и изразяването на положителни и социални емоции) (Ross, 2021).

Bartolomeo и Malkinson (2019) правят преглед на резултатите от структурни и функционални изследвания на мозъка както при маймуни, така и при хора, които са използвали различни невроизобразителни техники. Според обобщените резултати, зрително-пространственото внимание се поддържа от множество фронто-париетални невронни мрежи, като две от тях са фундаментални: вентралните и дорзални фронто-париетални мрежи.

1.4.3 Ефекти на ръкостта върху езиковата латерализация

От филогенетична гледна точка, предпочитаното използване на една от двете ръце се разглежда като характеристика, споделена от всички гръбначни, но много по-изразена при хората, отколкото при животните (Ocklenburg et al., 2014). Относно еволюцията на езиковата латерализация, доминиращото понастоящем мнение е, че това явление при хората може да се дължи на унаследена специфична мозъчна организация в ЛХ за няколко аспекта на човешкия език, които са подобни на сетивните или двигателни характеристики на вокализациите при животните (Ocklenburg et al., 2014).

1.4.4 Ефекти от ръката върху пространствената латерализация

Езикът, речта и праксисът обикновено са латерализирани в ЛХ, а зрително-пространственото внимание обикновено е латерализирано в ДХ при десноръките и при повечето недесноръки. Този модел на латерализация – доминиране на ЛХ за езиковите, речевите и праксисните функции и доминиране на ДХ за зрителното пространствено внимание, е по-консистентен при десноръките, отколкото при леворъките, и е свързан с големи ползи за десноръките, отколкото за леворъките. Тези резултати предоставят убедителни доказателства, че ръкаостта модулира патерна на функционална мозъчна латералност (Posner et al., 2007).

Макар и неконсистентни, резултатите от проведените до момента латерализационни изследвания показват, че оптималният патерн на латерализация има съществени предимства, тъй като повишава качеството на работата на мозъка (за подробности виж O'Regan & Serrien, 2018).

Проучванията на ефекта на ръкостта върху изпълнението на задачата за разполовяване на линии и на ландмарк теста са дали резултати, показващи, че леворъките и десноръките се различават по патерна на изпълнение на двете задачи. При десноръките ДХ обработва пространствена информация, докато при леворъките и двете хемисфери участват в обработката на пространствена информация (Liu et al., 2009). Освен това, хората с различна ръкост демонстрират различен патерн на разполовяване на линии, като неврологично здравите десноръки хора типично разполовяват вляво от центъра. Предполага се, че свързаните с ръкостта различия в изпълнението на тази задача, намират израз в по-симетрична организация на тази функция при леворъките и латерализацията ѝ в ДХ при десноръките (Bareham et al., 2015).

1.5. Специфики на мозъчната латерализация при нарушения на неврологичното развитие

В специализираната литература се описват четири модела, отразяващи връзката между недостатъчната или атипична латерализация на кортикалните функции и нарушенията на нервно-психичното развитие, като обобщеното им представяне може да бъде намерено в публикация на Асенова (2017). Тези модели са: моделът на енофенотипа, моделът на плеотропията, моделът на адитивния риск и моделът на невропластичността. Всички тези модели представят обобщени емпирично подкрепени спекулации относно модела на асоцииране, който може да съществува между генотипа, церебралната латерализация и нарушенията на развитието.

Всички горепосочени теоретични модели отварят нови хоризонти за изследване на въпроса за връзката между мозъчната латерализация и нарушенията на неврологичното развитие.

1.6. СХДВ – концептуализация

1.6.1 Исторически аспекти на концептуализацията на ХАДВ

Първото научно описание на СХДВ е направено от Джордж Стил (цит. по Rafalovich, 2001).

Следващият период е между 70-те и 80-те години на миналия век, когато състоянието се предефинира като разстройство с дефицит на вниманието (РДВ) с изместване на акцента върху проблемите с поддържането на вниманието и контрола на импулсите в допълнение към хиперактивността. Този нов поглед върху разстройството довежда до неговото предефиниране и преименуване в разстройство с дефицит на вниманието (РДВ) в DSM-III (American Psychiatric Association, 1980). Всъщност, за първи път разграничението между двата основни вида на нарушението – това с хиперактивност и това без хиперактивност, е направено в DSM-III.

През 1994 г. DSM-IV въвежда значителни промени, свързани с диагностиката на СХДВ: първо – установяване на подтип на Х/ДВ, който се състои главно от проблеми с вниманието, който беше наречен „СХДВ – преимуществено инатантивен тип“; второ – установяването на подтип на СХДВ, който се състои главно от хиперактивно-импулсивно поведение без значимо нарушение на вниманието, което се нарича „СХДВ – преобладаващо хиперактивно-импулсивен тип“; трето – установяването на подтип СХДВ, който се състои от значителни проблеми и с двете групи симптоми (АПА, 1994 г.).

През 21 век изучаването на СХДВ навлиза в своя най-модерен период. Дискусиите и изследванията са фокусирани върху патогенезата и основните дефицити при СХДВ, а именно екзекутивните функции и по-специално поведенческото инхибиране и саморегулация. Едва през последните 1-2 десетилетия се налага концепцията за хиперактивността като поведенческо разстройство, което засяга процесите на учене. Очевидно този неврологичен синдром включва група хетерогенни състояния с различна етиология.

1.6.2 Разпространение на СХДВ

Според Американската психиатрична асоциация, разпространението на СХДВ варира между 3 и 5%, но се предполага, че разпространението му е много по-високо. За това свидетелстват резултатите от мета-анализ на публикуваните данни за разпространението му в различни страни по света, обхващащи 50 проучвания, проведени между 1982 и 2001 г., които показват, че процентът на разпространение варира от 2,4% в Австралия, 9,7% в САЩ до 19,8% в Украйна. Освен това при мъжете СХДВ се среща 3-4 пъти по-често

1.6.3 Етиология и патогенетични механизми на СХДВ

Все още много са неизвестните, свързани с причините и рисковите фактори за появата и персистирането на СХДВ. Счита се, че генетичните фактори играят роля в появата на

разстройството, но все още недостатъчни са знанията за механизмите, чрез които се осъществяват тези влияния (Faraone & Larsson, 2019). Счита се, че много негенетични фактори са свързани с СХДВ, като преждевременно раждане, ниско тегло при раждане, тютюнопушене на майката, лошо или неправилно хранене както на майката, така и на бебето, силен стрес за майката по време на бременността, токсични вещества като олово, пестициди, също лека пренатална исхемия, невронно възпаление, което може да бъде причинено както по механизма на автоимунната реакция на тялото на самото дете, така и на автоимунната реакция майката по време на развитието на плода (за литературен преглед – Nigg et al., 2020).

1.6.3 Диагностични параметри на СХДВ

ADHD засяга до 10% от децата в училищна възраст (Barkley, 2006). Диагнозата се основава на критерии от последната ревизия на Диагностичния и статистически наръчник за психични разстройства - DSM-5 (2013).

1.6.5 Диференциално-диагностични параметри на СХДВ

СХДВ е свързано с изключително висок процент коморбидни психични разстройства и обикновено е придружено и от умствено увреждане (Austin et al., 2007).

Barkley (2006) подчертава, че роднините на деца с СХДВ също са изложени на по-висок риск от невропсихиатрични разстройства, отколкото роднините на децата без този синдром.

1.6.6. СХДВ и мозъчна латералност

Много райони в кората и малкия мозък участват в патофизиологията на СХДВ (Seidman, Valera & Makris, 2005). Установено е редуциране на обема на различни структури на главния и малкия мозък. Резултати от изследвания с невроизобразителни техники предполагат, че при СХДВ повече дифузни региони участват в когнитивното представяне в сравнение с типично развиващите се (Pereira-Sanchez & Castellanos, 2021).

ГЛАВА ВТОРА. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

2.1 Цел и хипотези на изследването

Основната цел на настоящото изследване беше да се изследва в сравнителен план функционалната мозъчна латерализация на деца с СХДВ и типично развиващи се деца, изравнени по възраст и пол. По-точно, ние проучихме дали това разстройство е свързано с атипични модели на латерални предпочитания (ръкост, кракост, окост и ухост) и атипичен модел на латерализация на зрителното пространствено внимание, и какъв е ефектът на пола на детето върху изследваните асиметрии.

Формулирани бяха следните хипотези:

Основна хипотеза: Децата с СХДВ проявяват атипичен патерн на функционална мозъчна латерализация.

Подхипотеза 1: Има по-висока честота на недесноръкост (леворъки или смесеноръки) сред децата с СХДВ в сравнение с типично развиващите се деца, което предполага атипичен патерн на ръкостта при СХДВ.

Подхипотеза 2: Налице е по-висока честота на недеснокракост (левокракост или смесена кракост) сред децата със СХДВ в сравнение с типично развиващите се деца, което предполага атипичен патерн на кракостта при СХДВ.

Подхипотеза 3: Съществува по-висока честота на недесноухост (лево- или смесеноухост) сред децата със СХДВ в сравнение с типично развиващите се деца, което предполага атипичен патерн на ухостта при СХДВ.

Подхипотеза 4: Съществува по-висока честота на недеснокост (лево- или смесеноокост) сред децата с СХДВ в сравнение с техните типично развиващи се връстници, което предполага атипичен патерн на окостта при СХДВ.

Подхипотеза 5: Съществува по-висока честота на патерн на неконгруентна латерализация (т.е. кръстосани или смесени латерални предпочитания) сред децата с СХДВ в сравнение с

типично развиващите се деца, което предполага атипичен патерн на латерални двигателни и сензорни предпочитания при СХДВ.

Подхипотеза 6: Налице е по-висока честота на атипичен патерн на латерализация на зрителното пространствено внимание сред децата със СХДВ в сравнение с техните типично развиващи се връстници, което предполага атипично хемисферно доминиране на пространственото внимание.

Подхипотеза 7: Полът на децата със СХДВ има модулиращи ефекти върху патерна на латералните моторни и сензорни отклонения и патерна на латерализация на зрителното пространствено внимание, като момчетата показват по-изразено отклонение от типичните патерни на латерализация на тези мозъчни функции в сравнение с момичетата.

2.2 Участници

Две групи деца, с майчин език гръцкият език, участваха в проучването: група деца с СХДВ-комбиниран тип, нелекувани с лекарства, състояща се от 61 деца, 35 момчета и 26 момичета, на възраст от 6,7 до 12,3 години (ср. възраст = 9,4 г., SD = 1,87).

Контролите се състояха от 61 типично развиващи се деца; 32 момчета и 29 момичета на възраст 6,5-12,2 години (ср. възраст = 9,3 г., SD = 1,83). Според техните родители, класен ръководител и училищен психолог, всички контроли са с нормално езиково и интелектуално развитие и добри академични умения.

Всяко от децата е включено само след изричното съгласие на директора на институцията, в която се обучава, изричното съгласие на неговите родители и заявеното лично желание.

2.3 Изследователски инструментариум

Бяха използвани следните изследователски инструменти за събиране на емпирични данни: перформансни тестове за измерване на ръкост, кракост, ухост и окост, и задача за разполовяване на линии. Наборът от използваните тестове са валидирани от Асенова и използвани в предходни релевантни проучвания, (Асенова, 1997, 2004, 2013, 2014, 2018).

ГЛАВА III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОУЧВАНЕТО

3.1. Сравнение на резултатите от групата с ADHD и контролната група

3.1.1. Междугрупови сравнения на резултатите от теста за ръкост

Таблица 1 представя средните стойности на Q_{ma} на групата с СХДВ и контролната група.

ТАБЛИЦА 1

Стойности на коефициента на мануална асиметрия (Q_{ma})
(средно; SD; SEM) на групата с СХДВ и контролната група

	брой	Среден Q_{ma}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	61	45.90	54.20	6.939
Контролна група	61	71.80	42.95	5.499
$t(p)$	$t_{120} = -2.925; p = .004$			

Както се вижда, на групово ниво групата със СХДВ демонстрира смесена ръкост, а контролната група демонстрира десноръкост.

Резултатите от сравнителния междугрупов анализ на честотата на трите вида ръкост (Табл. 2), показват, че значимо по-висок процент от контролите показват десноръкост и обратно – значимо по-висок процент от групата със СХДВ са със смесена ръкост ($\chi^2_{[2]} = 16.497, p = .000, \text{Cramer's } V = 0.368$). Липсват различия между групите по отношение на честотата на леворъкостта.

ТАБЛИЦА 2

Честота на видовете ръце в групата с ADHD и контролната група

	Десноръкост		Смесена ръкост		Леворъкост	
	брой	%	брой	%	брой	%
Група със СХДВ	24	39.3	34	55.7	3	4.9
Контролна група	46	75.4	13	21.3	2	3.3
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[2]} = 16.497, p = .000; \text{Cramer's } V = .368$					

3.1.2. Междугрупово сравнение на резултатите от теста за кракост

Както се вижда от таблица 3, двете групи значимо се различават по средните стойности на Qfoot ($t_{120} = -3.221$; $p = .002$).

ТАБЛИЦА 3

Стойности на коефициента на предпочитание на краката (Qfoot) (средно; SD; SEM) на групата със СХДВ и контролната група

	брой	Среден Q _{foot}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	61	31.14	74.25	9.507
Контролна група	61	68.85	53.35	6.831
t (p)	$t_{120} = -3.221$; $p = .002$			

Резултатите от сравнителния междугрупов анализ на честотата на трите вида кракост, показани в таблица 4, показват, че значимо по-висок процент от контролите са деснокраки в сравнение с групата с ADHD и обратно $\chi^2_{21} = 9.740$, $p = .008$, Cramer's $V = .283$).

ТАБЛИЦА 4

Честота на видовете кракост в групата със СХДВ и контролната група

	Деснокракост		Смесена кракост		Левокракост	
	брой	%	брой	%	брой	%
Група със СХДВ	29	47.5	22	36.1	10	16.4
Контролна група	44	72.1	15	24.6	2	3.3
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{21} = 9.740$, $p = .008$; Cramer's $V = .283$					

3.1.3. Междугрупово сравнение на резултатите от теста за ухост

Таблица 5 представя средните стойности на Qear на групата със СХДВ и на контролната група.

ТАБЛИЦА 5

Стойности на коефициента за ухост (Q_{ear}) (средно; SD; SEM)
на групата със СХДВ и контролната група

	брой	Среден Q _{ear}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	61	40.98	84.41	10.808
Контролна група	61	72.13	58.11	7.440
t (p)	t/120 = -2.374; p = .019			

Резултатите от анализа на честотата на видовете ухост (Таблица 6) показваха, че макар по-голямата част и от двете групи да демонстрират предпочитание на дясно ухо, значимо по-голям процент от контролите показват десноухост и обратно – значимо по-висок процент от групата с ADHD проявява левоухост ($\chi^2_{|2|} = 6.545$, $p = .038$, Cramer's $V = .232$). Не са открити разлики по отношение на представянето на процента на децата със смесена ухост.

ТАБЛИЦА 6

Честота на видовете ухост в двете изследвани групи

	Десноухост		Смесена ухост		Левоухост	
	брой	%	брой	%	n	%
Група със СХДВ	39	63.9	8	13.1	14	23.0
Контролна група	48	78.7	9	14.8	4	6.6
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 2 } = 6.545$, $p = .038$; Cramer's $V = .232$					

3.1.4. Междугрупово сравнение на резултатите от теста за окост

Видно от таблица 7, двете групи не се различават значимо по средните си стойности на Q_{eye} ($t/120 = -.723$; $p = .471$), като и двете групи показват смесена окост на ниво група.

Резултатите от сравнителния междугрупов анализ на честотата на трите вида окост, показани в таблица 8, показват несъществени разлики между групите ($\chi^2_{|2|} = .577$, $p = .749$, Cramer's $V = .069$), като по-голямата част и от двете групи показват десноокост.

ТАБЛИЦА 7

Стойности на коефициента окост (Q_{eye}) (средно; SD; SEM) на групата с СХДВ и контролната група

	брой	Среден Q_{eye}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	61	50.81	78.78	10.087
Контролна група	61	60.65	71.36	9.137
$t(p)$	$t_{120} = -.723; p = .471$			

ТАБЛИЦА 8

Честота на различните видове окост в групата със СХДВ и контролната група

	Десноокост		Смесена окост		Левеоост	
	n	%	n	%	n	%
Група със СХДВ	42	68.9	8	13.1	11	18.0
Контролна група	45	73.8	8	13.1	8	13.1
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{(2)} = .577, p = .749; \text{Cramer's } V = .069$					

3.1.5. Междугрупово сравняване на честотата на патерна на конгруентни/неконгруентни латерални предпочитания

В таблица 9 са представени резултатите относно разпределението в двете групи на конгруентната ръкост и кракост или на неконгруентната такава.

ТАБЛИЦА 9

Честота на патерна на конгруентна ръкост и кракост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни ръкост и кракост		Неконгруентни ръкост и кракост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	33	54.1	28	45.9
Контролна група	45	73.8	16	26.2
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{(1)} = 5.119, p = .024; \text{Cramer's } V = -.069$			

Както се вижда, значително по-висок процент от контролната група демонстрира конгруентно (ляво или дясно) предпочитание на ръцете и краката ($\chi^2_{|1|} = 5.119$, $p = .024$; Cramer's $V = -.069$).

Таблица 10 представя резултатите относно разпределението на участниците в двете групи според това дали демонстрират конгруентна ръкост и кракост или неконгруентна такава.

ТАБЛИЦА 10

Честота на патерна на конгруентни ръкост и окост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни ръкост и окост		Неконгруентни ръкост и окост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	21	34.4	40	65.6
Контролна група	33	54.1	28	45.9
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = 4.784$, $p = .029$ Cramer's $V = -.198$			

Видно, значимо по-висок процент от контролите демонстрира конгруентни ръкост и окост в сравнение с групата със СХДВ ($\chi^2_{|1|} = 4.784$, $p = .029$; Cramer's $V = -.198$).

ТАБЛИЦА 11

Честота на патерна на конгруентни ръкост и окост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни ръкост и окост		Неконгруентни ръкост и окост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	20	32.8	41	67.2
Контролна група	42	68.9	19	31.1
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = 15.873$, $p < .000$ Cramer's $V = -.361$			

Както е видно, съществено по-голям процент от контролите демонстрират конгруентни ръкост и окост, в сравнение с групата със СХДВ ($\chi^2_{|1|} = 15.873$, $p < .000$; Cramer's $V = -.361$).

Таблица 12 представя резултатите по отношение на разпределението на участниците в двете групи според демонстрираното конгруентно предпочитание за ръка и око или неконгруентно такова.

ТАБЛИЦА 12

Честота на патерна на конгруентни кракост и окост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни кракост и окост		Неконгруентни кракост и окост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	28	45.9	33	54.1
Контролна група	43	70.5	18	29.5
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[1]} = 7.581, p = .006$ Cramer's <i>V</i> = -.249			

Очевидно значимо по-висок процент от контролната група в сравнение с групата със СХДВ демонстрира конгруентно (ляво или дясно) предпочитание на крак и око ($\chi^2_{[1]} = 7.581, p = .006$; Cramer's *V* = -.249). Видно от резултатите в таблица 13, значимо по-висок процент от контролната група в сравнение с групата със СХДВ демонстрира едностранна латерализация на предпочитанието на крака и ухото ($\chi^2_{[1]} = 4.659, p = .031$; Cramer's *V* = -.195).

ТАБЛИЦА 13

Честота на конгруентните кракост и ухост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни ръкост и окост		Неконгруентни ръкост и окост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	46	75.4	15	24.6
Контролна група	55	90.2	6	9.8
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[1]} = 4.659, p = .031$ Cramer's <i>V</i> = -.195			

Видно от таблица 14, резултатите разкриват абсолютно идентични групови резултати относно конгруентността на окост и кракост – и в двете групи слабо по-висок процент демонстрира

едностранна латерализация на ухото и окото ($\chi^2_{|1|} = .000$, $p = 1.000$; Cramer's $V = .000$).

ТАБЛИЦА 14

Честота на конгруентните окост и ухост в групата със СХДВ и в контролната група

	Конгруентни окост и ухост		Неконгруентни окост и ухост	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	34	55.7	27	44.3
Контролна група	34	55.7	27	44.3
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = .000$, $p = 1.000$ Cramer's $V = .000$			

Резултатите, представени в таблица 15, показват че значимо по-висок процент от контролната група в сравнение с групата със СХДВ демонстрира обща латерална конгруентност ($\chi^2_{|2|} = 7.491$, $p = .006$; Cramer's $V = -.248$).

ТАБЛИЦА 15

Честота на тоталната латерална конгруентност/неконгруентност в групата със СХДВ и в контролната група

	Тотална латерална конгруентност		Тотална латерална конгруентност	
	n	%	n	%
Група със СХДВ	12	19.7	49	80.3
Контролна група	26	42.6	35	57.4
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = 7.491$, $p = .006$ Cramer's $V = -.248$			

2.1.6 Междугрупови сравнения на резултатите от теста за разполовяване на линии

Резултатите на контролната и експерименталната група от приложените Independent-Samples T Test и Paired-Samples T Test, върху резултатите от теста за разполовяване на линии на двете изследвани групи са представени в следващата таблица 16.

ТАБЛИЦА 16

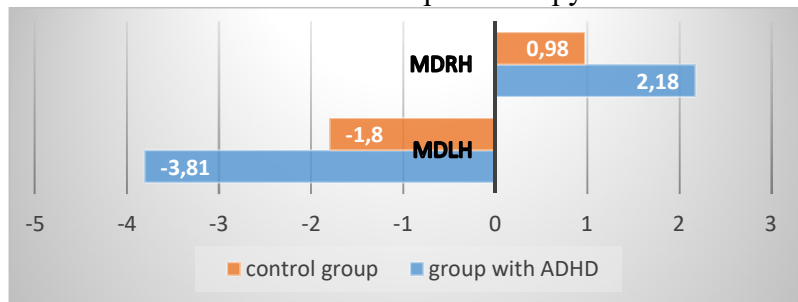
Средно отклонение (M; SD) за лява ръка (MDlh) и за дясна ръка (MDrh) на групата със СХДВ и на контролната група

	n	MDlh (SD)	MDrh (SD)	t (p)
Група със СХДВ	61	-3.81 (5.32)	2.18 (3.90)	$t_{60/} = -7.326; p < .000$
Контролна група	61	-1.80 (3.26)	0.98 (3.34)	$t_{60/} = -8.241; p = .004$
t (p)		$t_{120/} = -2.516;$ $p = .013$	$t_{120/} = 3.170;$ $p = .002$	

Видно, на групово ниво и двете групи демонстрират симетричен неглект. Независимо от това, сравняването на средното отклонение за двете ръце разкриха значими различия за лява ръка ($t_{120/} = -2,516$, $p = 0,013$) и за дясна ръка ($t_{120/} = 3,170$, $p = 0,002$), което предполага по-голяма грешка както вляво, така и вдясно за групата със СХДВ.

ФИГУРА 9

Среден процент на отклонение от истинския център на групата с ADHD и контролната група



Резултатите в таблица 16, разкриват значими разлики между MDlh и MDrh в двете групи: групата на децата със СХДВ ($t_{60/} = -7,326$, $p < 0,000$) и контролната група ($t_{60/} = -8,241$, $p = 0,004$).

Следващата таблица 17 представя резултатите от тестовите на хи квадрат, приложени към резултатите от теста за разполовяща линия, които ни информират за статистическата значимост на

разликите между групите в разпределението на участниците в двете групи според демонстрирания тип пренебрегване.

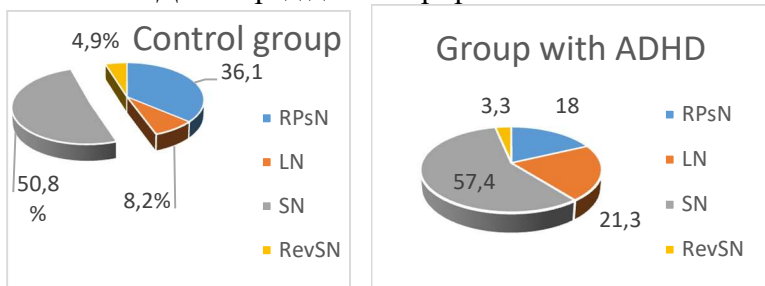
ТАБЛИЦА 17

Разпределение на участниците в контролната група и групата със СХДВ според демонстрирания тип неглект

	Type of neglect							
	Десностраниен неглект		Левостраниен неглект		Симетричен неглект		Обърнат неглект	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Група със СХДВ	11	18.0	13	21.3	35	57.4	2	3.3
Контролна група	22	36.1	5	8.2	31	50.8	3	4.9
Pearson Chi-Square	$\chi^2_{(3)} = 7.665, p = .053$							
Cramer's V	.251							

ФИГУРА 10

Разпределение на участниците в контролната група и групата със СХДВ според демонстрирания тип неглект



Резултатите показват, че макар най-висок процент и в двете групи да демонстрират симетричен неглект, двукратно по-голям процент от контролите в сравнение с групата със СХДВ показва десностраниен псевдонеглект и обратно – приблизително 3 пъти повече деца в групата със СХДВ показват левостраниен неглект. Междугруповите разлики са близки до значими ($\chi^2_{(3)} = 7.665, p = .053$; V на Cramer = .251).

3.2. Сравнение на резултатите на подгрупите с различен пол на контролната група и групата със СХДВ

3.2.1 Свързани с ръкостта различия между изследваните подгрупи с различен пол

С цел изследване на ефекта на пола и взаимодействието му с наличието на СХДВ върху ръкостта на децата, е приложен еднофакторен ANOVA. Резултатите показват значим ефект на фактора „група“ ($F_{3/} = 8,523$; $\text{sig} = 0,004$), но не и на фактора „пол“ ($F_{3/} = 2,021$; $\text{sig} = 0,158$) и фактора „взаимодействие група-пол“ ($F_{3/} = 0,030$; $\text{sig} = 0,862$) върху резултатите за ръкостта.

Както е видно от таблица 18, всички полови подгрупи показват смесена ръкост без контролната подгрупа момичета.

ТАБЛИЦА 18

Описателна статистика (M; SD; SEM) за ръкостта на половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

Групи	Полови подгрупи	N	Среден Qma	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	момчета	35	41.14	61.91	10.466
	момичета	26	52.30	41.98	8.233
	общо	61	45.90	54.20	6.939
Контролна група	момчета	35	65.71	51.23	8.660
	момичета	26	80.00	27.12	5.320
	общо	61	71.80	42.95	5.499
$F; p$		$F_{3, 118} = 3.537; p = .017$			

Също, средната стойност на Qma на момчетата контроли е близо до горната граница на смесената ръкост, докато Qma на половите подгрупи със СХДВ е с по-ниски стойности. Разликите между подгрупите са статистически значими ($F_{3, 118} = 3.537$; $p = .017$).

Резултатите от Post Hoc анализа показват значими разлики между момчетата със СХДВ и двете контролни подгрупи, като момчетата със СХДВ демонстрират значимо по-слабо изразена ръкост. Подгрупата на момичетата със СХДВ се различава значимо от подгрупата на момичетата контроли, с това че са с по-

слабо изразена ръкост. Няма значими различия между подгрупите на момчетата и момичетата със СХДВ ($p > .05$).

Резултатите за разпределението на участниците в половите подгрупи според вида ръкост (табл. 19) показват статистическа значимост на различията ($\chi^2_{(6)} = 18.663$, $p < .000$, Cramer's $V = .391$) и потвърждават резултатите, получени на групово ниво.

ТАБЛИЦА 19

Разпределение на участниците в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ според вида на ръкостта

Групи	Полови подгрупи	Десноръки		Смесеноръки		Леворъки	
		n	%	n	%	n	%
Група със СХДВ	момчета	15	42.9	18	51.4	2	5.7
	момичета	9	34.6	16	61.5	1	3.8
	общо	24	39.3	34	55.7	3	4.9
Контролна група	момчета	25	71.4	8	22.9	2	5.7
	момичета	21	80.8	5	19.2	0	0.0
	общо	46	75.4	13	21.3	2	3.3
$\chi^2_{(6)} = 18.663$, $p = .005$; Cramer's $V = .391$							

Наблюдавани са следните подгрупови разлики: най-висок процент от момчетата контроли показват десноръкост (80,8%) и най-нисък процент от момичетата със СХДВ показват десноръкост (34,6%); обратно - най-висок процент от момичетата със СХДВ показват смесена ръкост (61,5%), а най-малък процент от момичетата контроли показват смесена ръкост (19,2%); липсват значими различия в честотата на леворъкостта ($p > .05$).

3.2.2 *Свързани с кракостта различия между половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ*

С цел проучване ефектите от пола и взаимодействието му с наличието на СХДВ върху патерна на кракостта, е приложен еднофакторен ANOVA. Резултатите показват значим ефект на фактора „група“ ($F_{(3)} = 10,478$; $p = 0,002$), но не и на фактора

„пол“ ($F_{/3/} = 2,006$; $p = 0,159$) и фактора „взаимодействие група-пол“ ($F_{/3/} = 0,115$; $p = 0,739$) върху кракостта.

Резултатите от описателната статистика (табл. 20) разкриха, че всички подгрупи показват смесена кракост на ниво група, с изключение на контролната подгрупа момичета. В допълнение, средната стойност на Q_{foot} на контролната подгрупа момчета е близо до горната граница на смесената кракост, докато Q_{foot} на двете полови подгрупи със СХДВ е с по-ниски стойности. Различията са статистически значими ($F_{/3, 118/} = 4.168$; $p = .008$).

ТАБЛИЦА 20

Описателна статистика (M; SD; SEM) за резултатите за кракост на половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

Групи	Полови подгрупи	N	Среден Q_{foot}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	момчета	35	25.71	81.68	13.807
	момичета	26	38.46	63.73	12.498
	общо	61	31.14	74.25	9.507
Контролна група	момчета	35	60.00	55.30	9.348
	момичета	26	80.76	49.14	9.638
	общо	61	68.85	53.35	6.831
$F; p$		$F_{/3, 118/} = 4.168$; $p = .008$			

Резултатите от Post Hoc множествените сравнения показват значими разлики между подгрупата момчета със СХДВ и двете контролни подгрупи, като момчетата със СХДВ демонстрират значимо по-ниски резултати за кракост. Подгрупата на момичетата с ADHD се различава значимо от подгрупата на контролните момичета, показвайки по-слабо изразена кракост. Липсват значими разлики между половите подгрупи със СХДВ ($p > .05$).

Разпределението на участниците в подгрупите по пол според вида на кракостта (виж табл. 21) показва значими разлики между подгрупите ($\chi^2_{/6/} = 18.5033$, $p = .005$, Cramer's V = .389), т.е. резултатите се различават от получените на ниво група.

ТАБЛИЦА 21

Разпределение на участниците в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ според вида на кракостта

Групи	Полови подгрупи	Деснокракост		Смесена кракост		Левокракост	
		n	%	n	%	n	%
Група със СХДВ	момчета	17	48.6	10	28.6	8	22.9
	момичета	12	46.2	12	46.2	2	7.7
	общо	29	47.5	22	36.1	10	16.4
Контролна група	момчета	22	62.9	12	34.3	1	2.9
	момичета	22	84.6	3	11.5	1	3.8
	общо	44	72.1	15	24.6	2	3.3
χ^2, p Cramer's V		$\chi^2_{(6)} = 18.503, p = .005$ Cramer's $V = .389$					

Наблюдавани са следните тенденции на различия между подгрупите: най-висок процент от момичетата контроли са с деснокракост (84,6%) и най-нисък процент момичета със СХДВ са с деснокракост (46,2%); за разлика, най-висок процент момичета със СХДВ са показали смесена кракост (46,2%), а най-нисък процент от контролните момичета са показали смесена кракост (11,5%); от всички полови подгрупи, честотата на левокракостта е най-висока в подгрупата на момчетата със СХДВ (22,9%). Най-интересните резултати тук се отнасят до разликите между половите подгрупи Със СХДВ – честотата на смесената кракост е значимо по-висока сред момичетата със СХДВ отколкото сред момчетата със СХДВ и обратно – честотата на левокракостта е значимо по-висока сред момчетата със СХДВ в сравнение с момичетата със СХДВ ($p > .05$).

3.2.3 Свързани с ухостта различия между половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

С цел да се проучат както ефекта от пола, така и ефекта от взаимодействието на пола с наличието/отсъствието на СХДВ върху ухостта, е приложен Univariate ANOVA. Резултатите

разкриват значим ефект на фактора „група“ ($F_{/3/} = 5.009$; $p = .027$), но няма ефект на фактора „пол“ ($F_{/3/} = 2.005$; $p = .159$) и фактора „взаимодействие група-пол“ ($F_{/3/} = .616$; $p = .434$) върху ухостта.

Според резултатите от описателната статистика (табл. 22), всички подгрупи показват смесена ухост на ниво група, с изключение на контролната подгрупа момичета.

ТАБЛИЦА 22

Описателна статистика (M; SD; SEM) на резултатите за ухостта на половите подгрупи на контролната група и на групата със СХДВ

Групи	Полови подгрупи	N	Среден Q_{ear}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	момчета	35	28.57	92.58	15.649
	момичета	26	57.69	70.27	13.781
	общо	61	40.98	84.41	10.808
Контролна група	момчета	35	68.57	58.26	9.848
	момичета	26	76.92	58.79	11.512
	общо	61	72.13	58.11	7.440
$F; p$		$F_{/3, 118/} = 2.762$; $p = .045$			

В допълнение, средната стойност на Q_{ear} на контролната подгрупа момчета е близо до горната граница на смесената ухост, докато Q_{ear} на двете полови подгрупи със СХДВ е с по-ниски стойности, особено Q_{ear} на подгрупата момчета със СХДВ – среден $Q_{ear} = 28,57$. Разликите между подгрупите са статистически значими ($F_{/3, 118/} = 2.762$; $p = .045$).

Резултатите от Post Hoc множествените сравнения показват значими разлики само между подгрупата момчета със СХДВ и двете контролни подгрупи: на момчетата ($p = .011$) и на момчетата ($p = .022$), като момчетата със СХДВ демонстрират значимо по-слабо изразена ухост в сравнение с тези подгрупи.

Резултатите, отнасящи се до разпределението на участниците в половите подгрупи в зависимост от вида на ухостта, са представени в таблица 23. Както се вижда, разликите между подгрупите достигат статистическа значимост ($\chi^2_{/6/} = 13.825$, $p = .032$, Cramer's V = .238) и потвърждават резултатите, получени на

групово ниво. Наблюдавани са следните тенденции на различия между подгрупите: най-високият процент от момчетата контроли са с десноухост (84,6%), а най-ниският процент момчета със СХДВ – дясноухост (60,0%). За разлика, сред всички изследвани полови подгрупи честотата на левоухостта е най-висока в подгрупата на момчетата със СХДВ (31,4%).

ТАБЛИЦА 23

Разпределение на участниците в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ според вида ухост

Групи	Полови подгрупи	Десноухост		Смесена ухост		Левоухост	
		n	%	n	%	n	%
Група със СХДВ	момчета	21	60.0	3	8.6	11	31.4
	момичета	18	69.2	5	19.2	3	11.5
	общо	39	63.9	8	13.1	14	23.0
Контролна група	момчета	26	74.3	7	20.0	2	5.7
	момичета	22	84.6	2	7.7	2	7.7
	общо	48	78.7	9	14.8	4	6.6
$\chi^2_{1,p}$; Cramer's V		$\chi^2_{6} = 13.825, p = .032$; Cramer's $V = .238$					

2.3.4 Свързани с окостта различия между половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

С цел да се проучат както ефекта от пола, така и ефекта от взаимодействието му с наличието/отсъствието на СХДВ върху окостта, беше приложен Univariate ANOVA. Резултатите разкриват липса на значим ефект и на трите изследвани фактора: „група” ($F_{3/} = .576$; sig = .449), „пол” ($F_{3/} = .061$; sig = .805) и „взаимодействието група-пол” ($F_{3/} = 1.739$; sig = .190) върху резултатите за окост.

Резултатите от описателната статистика са представени в следващата таблица 24.

Както се вижда, всички подгрупи показват смесено окост на ниво група, като разликите между подгрупите са несъществени ($F_{3/3, 118/} = .910$; $p = .438$). Независимо от това, впечатляващо е, че средната стойност на Qeye на контролната подгрупа момчета е близо до

горната граница на смесената окост (средно = 68.57), докато средната стойност на Q_{eye} на мъжката подгрупа със СХДВ е с най-ниската стойност (средно = 40,00).

ТАБЛИЦА 24

Описателна статистика (M; SD; SEM) на резултатите за окостта на половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

Групи	Полови подгрупи	N	Среден Q_{eye}	Стандартно отклонение	Средна стандартна грешка
Група със СХДВ	Boys	35	40.00	84.71	14.319
	момчета	26	61.53	69.72	13.674
	момичета	61	49.18	78.78	10.087
Контролна група	момчета	35	68.57	63.11	10.667
	момичета	26	53.84	81.14	15.913
	общо	61	62.29	71.09	9.102
$F; p$		$F_{/3, 118/} = .910; p = .438$			

Резултатите от Post Hoc множествените сравнения не показват значими разлики между половите подгрупи ($p > .05$).

Резултатите, касаещи разпределението на участниците в половите подгрупи в зависимост от вида на окостта, са представени в таблица 25.

ТАБЛИЦА 25

Разпределение на участниците в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ според вида на окостта

Групи	Полови подгрупи	Десноокост		Смесена окост		Левоокост	
		n	%	n	%	n	%
Група със СХДВ	момчета	22	62.9	5	14.3	8	22.9
	момичета	20	76.9	3	11.5	3	11.5
	общо	42	68.9	8	13.1	11	18.0
Контролна група	момчета	27	77.1	4	11.4	4	11.4
	момичета	18	69.2	4	15.4	4	15.4
	общо	45	73.8	8	13.1	8	13.1
χ^2, p Cramer's V		$\chi^2_{/6/} = 2.763, p = .838$ Cramer's $V = .106$					

Както се вижда, разликите между подгрупите не достигат статистическа значимост ($\chi^2_{[6]} = 2,763$, $p = .838$, Cramer's $V = .106$), което потвърждава резултатите, получени на групово ниво.

2.3.5. Междугрупови сравнения на честотата на патерна на конгруентни/неконгруентни латерални предпочитания в половите подгрупи на групата със СХДВ и контролната група

Таблица 26 представя резултатите относно разпределението на участниците в четирите полови подгрупи според демонстрираното конгруентно/неконгруентно предпочитание на ръка и крак.

ТАБЛИЦА 26

Честота на конгруентното предпочитание ръка-крак в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

Подгрупи	Конгруентна ръкост-кракост		Неконгруентна ръкост-кракост	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	23	65.7	12	34.3
Подгрупа на момичетата със СХДВ	10	38.5	16	61.5
Контролна подгрупа момчета	22	62.9	13	37.1
Контролна подгрупа момичета	23	88.5	3	11.5
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 14.165$, $p = .003$; Cramer's $V = .341$			

Видно, най-нисък процент на конгруентно предпочитание ръка-крак се наблюдава в подгрупата на момичетата със СХДВ, като разликите с останалите полови подгрупи са статистически значими ($\chi^2_{[3]} = 14.165$, $p = .003$, Cramer's $V = .341$). Обратно, най-високият процент на конгруентно предпочитание ръка-крак се отчита в контролната подгрупа на момичетата.

Таблица 27 представя резултатите относно разпределението на участниците в изследваните полови подгрупи според демонстрирания патерн на конгруентност между ръкост и ухост.

ТАБЛИЦА 27

Честота на конгруентното предпочитание ръкост-ухост в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ

Подгрупи	Конгруентна ръкост-ухост		Неконгруентна ръкост-ухост	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	13	37.1	22	62.9
Подгрупа на момичетата със СХДВ	7	26.9	19	73.1
Контролна подгрупа момчета	24	68.6	11	31.4
Контролна подгрупа момичета	18	69.2	8	30.8
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 16.499, p = .001$ Cramer's <i>V</i> = .368			

Както се вижда, по-голямата част от половите подгрупи със СХДВ демонстрира липса на конгруентно предпочитание ръкост-ухост ($\chi^2_{[3]} = 16.499, p = .001, \text{Cramer's } V = .368$).

Както се вижда от таблица 28 по-долу, по-голямата част от половите подгрупи със СХДВ демонстрира липса на конгруентно предпочитание ръка-око, като процентът на тези участници е по-нисък в подгрупата на момчетата със СХДВ. Контролните полови подгрупи имат почти еднакъв патерн на резултатите. Разликите между четрите полови подгрупи не достигат статистическа значимост ($\chi^2_{[3]} = 6.056, p = .109, \text{Cramer's } V = .223$).

ТАБЛИЦА 28

Честота на конгруентното предпочитание ръкост-око в половите подгрупи със СХДВ и на контролните полови групи

Подгрупи	Конгруентна ръкост-око		Неконгруентна ръкост-око	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	14	40.0	21	60.0
Подгрупа на момичетата със СХДВ	7	26.9	19	73.1
Контролна подгрупа момчета	18	51.4	17	48.6
Контролна подгрупа момичета	15	57.7	11	42.3
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 6.056, p = .109$ Cramer's <i>V</i> = .223			

Както е видно от таблица 29, липсват значими разлики между подгрупите с различен пол, по отношение на конгруентността на кракост и ухост ($\chi^2_{[3]} = 5.973$, $p = .113$; Cramer's $V = .221$). Въпреки това, отново бе отчетена тенденция на по-слаба латерална конгруентност в подгрупите със СХДВ.

ТАБЛИЦА 29

Честота на конгруентното предпочитание крак-ухо в подгрупите с различен пол на контролната група и групата със СХДВ

Подгрупи	Конгруентна кракост-ухост		Неконгруентна кракост-ухост	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	27	77.1	8	22.9
Подгрупа на момичетата със СХДВ	19	73.1	7	26.9
Контролна подгрупа момчета	30	85.7	5	14.3
Контролна подгрупа момичета	25	96.2	1	3.8
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 5.973$, $p = .113$; Cramer's $V = .221$			

Видно от таблица 30, най-нисък процент на конгруентно предпочитание «крак-око» се наблюдава в подгрупата на момчетата със СХДВ, като разликите с останалите полови подгрупи са статистически значими ($\chi^2_{[3]} = 10.295$, $p = .016$, Cramer's $V = .290$).

ТАБЛИЦА 30

Честота на конгруентното предпочитание крак - око в подгрупите с различен пол на контролната група и групата със СХДВ

Подгрупи	Конгруентна кракост-око		Неконгруентна кракост-око	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	13	37.1	22	62.9
Подгрупа на момичетата със СХДВ	15	57.7	11	42.3
Контролна подгрупа момчета	24	68.6	11	31.4
Контролна подгрупа момичета	19	73.1	7	26.9
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 10.295$, $p = .016$; Cramer's $V = .290$			

Макар момчетата със СХДВ също да демонстрират по-слаба конгруентност между тези латерални предпочитания, разликите с останалите подгрупи не достигат ниво на статистическа значимост. Резултатите относно разпределението на участниците в изследваните полови подгрупи според демонстрирания патерн на конгруентност «ухо-око» (Таблица 31), не откриват значими, свързани с пола разлики между подгрупите ($\chi^2_{[3]} = 4.784$, $p = .029$; Cramer's $V = .180$). Въпреки това, отново се наблюдава тенденцията на най-слаба латерална конгруентност в подгрупата на момчетата със СХДВ сравнение с другите полови подгрупи.

ТАБЛИЦА 31

Честота на конгруентното предпочитание «ухо-око» в подгрупите с различен пол на контролната група и групата със СХДВ

Подгрупи	Конгруентна ухост-окост		Неконгруентна ухост-окост	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	16	45.7	19	54.3
Подгрупа на момичетата със СХДВ	18	69.2	8	30.8
Контролна подгрупа момчета	18	51.4	17	48.6
Контролна подгрупа момичета	16	61.5	10	38.5
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 3.962$, $p = .266$; Cramer's $V = .180$			

Таблица 32 представя резултатите за разпределението на участниците в подгрупи с различен пол на контролната и на групата със СХДВ в зависимост от патерна на тоталната латерална конгруентност/ неконгруентност на изследваните четири латерални предпочитания: ръка, крак, ухо и око.

Видно, най-висок процент от контролната подгрупа момчета демонстрира пълна латерална конгруентност, а най-нисък процент от подгрупата момичета със СХДВ показва пълна латерална конгруентност. Разликата между подгрупите е статистически значима ($\chi^2_{[3]} = 10.541$, $p = .014$; Cramer's $V = .294$).

ТАБЛИЦА 32

Честота на патерна на тотална латерална конгруентност/
неконгруентност в половите подгрупи на контролната група и
групата със СХДВ

Подгрупи	Тотална латерална конгруентност		Тотална латерална неконгруентност	
	n	%	n	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	8	22.9	27	77.1
Подгрупа на момичетата със СХДВ	4	15.4	22	84.6
Контролна подгрупа момчета	12	34.3	23	65.7
Контролна подгрупа момичета	14	53.8	12	46.2
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 10.541, p = .014$; Cramer's $V = .294$			

2.3.6 Междугрупови сравнения на резултатите от теста за разполовяване на линии на подгрупите с различен пол на групата със СХДВ и на контролната група

Резултатите от приложените ANOVA и Т-тест за двойни извадки върху резултатите от теста за разполовяване на линии на изследваните подгрупи с различен пол, са представени в таблица 33 и фигура 15.

ТАБЛИЦА 33

Средно отклонение (M; SD) за лява ръка (MDlh) и дясната ръка (MDrh) на подгрупите с различен пол на контролната група и групата със СХДВ

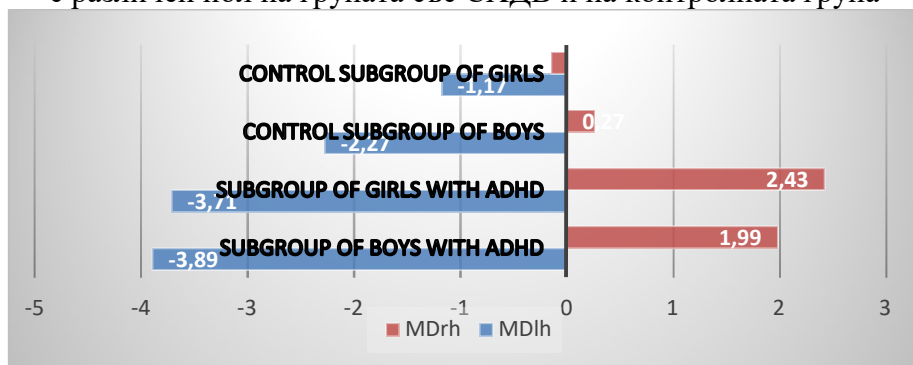
	N	MDlh (SD)	MDrh (SD)
Подгрупа на момчетата със СХДВ	35	-3.89 (6.04)	1.99 (4.33)
Подгрупа на момичетата със СХДВ	26	-3.71 (4.25)	2.43 (3.31)
Контролна подгрупа момчета	35	-2.27 (3.64)	0.27 (3.98)
Контролна подгрупа момичета	26	-1.17 (2.59)	-.14 (2.26)
t (p)		$t_{118} = 2.403$; $p = .071$	$t_{118} = 3.441$; $p = .019$

Статистическият анализ разкри интересен патерн на свързани с пола различия. Докато на групово ниво и двете полови подгрупи

от групата със СХДВ демонстрират ясно изразен симетричен неглект, контролната подгрупа момчета демонстрира слабо изразен симетричен неглект (средните резултати за отклонение за дясната ръка са близки до нула), а контролната подгрупа момичета демонстрира макар и много слабо изразен десностранен псевдонеглект.

ФИГУРА 15

Среден процент на отклонение от истинския център на подгрупите с различен пол на групата със СХДВ и на контролната група



Сравняването на резултатите относно средното отклонение за всяка от ръцете разкри значими различия по отношение на дясна ръка ($t_{118/} = -3.441$, $p = .019$) и несъществени различия по отношение на лява ръка ($t_{118/} = 2.403$, $p = .071$), което свидетелства за по-голяма грешка съответно вляво и вдясно за двете полови подгрупи на групата със СХДВ.

Резултатите от множествените сравнения на средните стойности на отклонението с лява ръка на половите подгрупи откриват статистически значими различия само между контролната подгрупа момичета и двете полови подгрупи със СХДВ – съответно подгрупата на момчетата ($p = .020$) и подгрупата на момичетата ($p = .041$).

Резултатите от множествените сравнения на средните стойности на отклонението с дясна ръка на половите подгрупи откриват статистически значими различия между момчетата контроли и двете полови подгрупи със СХДВ, а контролната подгрупа момчета значимо се различават от подгрупата на момчетата със СХДВ и много близо до статистическа значимост от подгрупата на момчетата ($p = .051$).

Резултатите относно разпределението на участниците в половите подгрупи в зависимост от вида на демонстрирания неглект, са представени в следващата таблица 34.

ТАБЛИЦА 34

Разпределение на участниците в половите подгрупи на контролната група и групата със СХДВ според вида неглект

	Тип неглект							
	ДН		ЛН		СН		ОСН	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Подгрупа на момчетата със СХДВ	8	22.9	8	22.9	18	51.4	1	2.9
Подгрупа на момчетата със СХДВ	3	11.5	5	19.2	17	65.4	1	3.8
Контролна подгрупа момчета	13	37.1	3	8.6	17	48.6	2	5.7
Контролна подгрупа момчета	9	34.6	2	7.7	14	53.8	1	3.8
Pearson Chi-Square	$\chi^2_{(9)} = 9.324, p = .408$							
Cramer's V	.160							

Както се вижда от таблицата, разликите между подгрупите не са достигнали статистическа значимост ($\chi^2_{(9)} = 9.324, p = .408$, Cramer's V = .160). Въпреки това се наблюдава следната тенденция, макар и незначителна: най-високият процент от момчетата с ADHD показват симетрично пренебрегване (65,4%) и най-високият процент от момчетата с ADHD проявяват пренебрегване наляво (22,9%). За разлика от това, сред всички изследвани полови подгрупи, честотата на дясното псевдонеглижиране е по-висока в двете контролни подгрупи: тази

на контролните момчета (37,1%) и тази на контролните момичета (34,6%).

ДИСКУСИЯ

Сравнявайки двете извадки деца на възраст от 6,5 до 12,3 години, (съвпадащи по възраст и пол) по патерна на основните латерални предпочитания, а именно ръкост, кракост, ухост, окост и патерна на латерализация на зрителното пространствено внимание, ние се опитахме да намерим отговора на няколко въпроса, свързани с патогенетичните механизми на СХДВ.

Резултатите от приложения статистически анализ подкрепят повдигнатите изследователски хипотези, с изключение на една, и разкриват значими различия между двете извадки деца относно изследваните променливи, свързани с мозъчната латерализация.

Резултатите от сравнителния анализ на данните относно ръчеността на участниците потвърдиха първата ни изследователска подхипотеза, постулираща по-висока честота на недясна ръка (левичари или смесена ръка) сред децата с ADHD в сравнение с обикновено развиващите се деца, което предполага нетипичен модел на хемисферна асиметрия за ръчно управление при ADHD. Тези наши констатации предоставиха допълнителна подкрепа на резултатите от предишни проучвания, които откриха значително по-висока честота на не-дясна ръка сред хората с ADHD (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021; Niederhofer, 2005; за мета-анализи вижте Nastou и колеги (2022).

Резултатите от междугруповото сравнение на кракостта потвърдиха втората изследователска подхипотеза, постулираща по-голяма честота на недеснокракостта (левокракост или смесена кракост) сред децата със СХДВ, отколкото сред техните типично развиващи се връстници, което предполага атипичен патерн на кракостта при СХДВ. Тези резултати са консистентни с резултатите от предходни проучвания на кракостта при СХДВ, които също съобщават за значително по-висока честота на по-

слабо латерализирана деснокракост при СХДВ (за мета-анализи виж Packheiser et al., 2020).

Резултатите от междугруповите сравнения за ухостта разкриват значими разлики между двете изследвани групи както на групово, така и на индивидуално ниво. Установи се значително по-висока честота на левоухост сред децата със СХДВ, в сравнение с типично развиващите се деца на същата възраст. Този НАШ резултат е в съответствие с резултатите, получени от Reid и Norvilitis (2000), които също наблюдават атипичен патерн на предпочитание на ухото при деца със СХДВ, но не се съгласува с констатираното от Pila-Nemutandani et al. (2018), които не са успели да намерят някакво отклонение патерна на ухостта в изследваната извадка със СХДВ.

По отношение на окостта, резултатите от настоящото проучване не откриват значими разлики между групата със СХДВ и контролната група, както на ниво група, така и на индивидуално ниво: и двете групи показват среден Qeye, указващ за смесена окост на ниво група, а на индивидуално ниво по-голямата част и от двете групи показват предпочитание на дясно око. Тези резултати отхвърлят нашата четвърта хипотеза, според която има по-висока честота на недесноокост (левоокост или смесена окост) сред децата със СХДВ в сравнение с типично развиващите се деца. Нашите резултати не съвпадат с резултатите, докладвани от Moghadam et al. (2021), които са открили значими разлики между децата със СХДВ и техните типично развиващи се връстници по отношение на окостта, но напълно се съгласуват с резултатите на Yilmaz и Karacan (2021) и Reid и Norvilitis (2000), които, подобно на нас, също не успяват да открият различия от нормата в честотата на лявоокостта или смесената окоокост сред 7-18-годишните деца със СХДВ.

Междугруповите сравнения на честотата на конгруентните/неконгруентните латерални предпочитания (предпочитана ръка, крак, ухо, око) разкриват, че значимо по-малък процент от

групата на децата със СХДВ показва пълна латерална конгруентност (т.е. едностранно предпочитание за ръка, крак, око и ухо) – само 1/5 от тях срещу повече от 2/5 от контролите. Освен това, с изключение на конгруентността на латералните предпочитания „око-ухо“, където не са открити различия между групите, за всички други изследвани двойки латерални предпочитания, значимо по-малък процент от децата със СХДВ показват конгруентност. Следователно, резултатите подкрепят петата хипотеза на проучването, че има по-висока честота на кръстосана латералност (т.е. кръстосани латерални предпочитания) сред децата със СХДВ в сравнение с типично развиващите се деца, което предполага атипичен патерн на латерални двигателни и сензорни предпочитания при децата със СХДВ.

Резултатите от нашето изследване осигуряват допълнителни доказателства за предположението, че СХДВ е свързано с атипична латерализация на моторните (ръце и крака) и сетивните (ухо) органи и се съгласува с предишни проучвания, които също са наблюдавали значимо по-висока честота на кръстосана латерална доминантност при деца със СХДВ, отколкото при типично развиващи се деца (Pila-Nemutandani et al., 2018).

Бяха открити и значитеми разлики между групите по отношение на изпълнението на задачата за разполовяване на линии. Въпреки че и двете извадки показват симетричен неглект на групово ниво (което се сочи за типичния за детството патерн на изпълнение на задачата, хронологично предшестващ типичния за зрялата възраст патерна на десностранен псевдонеглект, ако се счита, че се дължи на незавършилия процес на функционална латерализация и недостатъчна зрялост на междухемисферната комуникация), сравненията между групите на средните резултати за отклонение за всяка ръка поотделно, разкри значими разлики за двете ръце, които разлики се изразяват в по-голяма грешка на разполовяване за групата със СХДВ в сравнение с контролната

група. Нещо повече, сравненията между групите, по отношение на разпределението на участниците в двете групи според вида неглект, който са демонстрирали, разкриват нова интересна находка, а именно – сходен процент деца, които демонстрират симетричен неглект, но значимо по-висок процент деца в контролната група, които показват десностранен псевдонеглект и обратно – значимо по-висок процент деца в групата със СХДВ, които показват левостранен неглект. Тези резултати осигуряват емпирична подкрепа за нашата шеста изследователска хипотеза, която постулира по-висока честота на атипичен патерн на латерализация на зрителното пространствено внимание сред децата със СХДВ в сравнение с техните типично развиващи се връстници, което предполага атипично хемисферно доминиране на пространственото внимание при СХДВ. Нашите резултати са в съответствие с тези от повечето предишни проучвания, които са използвали традиционни задачи за изучаване на мозъчната латерализация на зрителното пространствено внимание и предоставят допълнителна емпирично базирана подкрепа за предположението, че подобно на пациентите с увреждания на дясната хемисфера, децата със СХДВ са склонни да демонстрират левостранен неглект (Aliabadi et al., 2011; Foroozandeh, 2018; Voeller & Heilman, 1988; Waldie & Hausmann, 2010), което се предполага, че се дължи на дисфункция на фронто-париеталните мрежи на дясна хемисфера и на структурна и функционална незрялост или патология на corpus callosum (за подробности виж Waldie & Hausmann, 2010).

В контекста на широко приетото и емпирично подкрепено схващане, че СХДВ е преобладаващо мъжко разстройство на нервното развитие (за преглед виж Rucklidge, 2010), беше формулирана допълнителна цел на настоящото изследване, а именно да се изследват модулиращите ефекти на пола на децата със СХДВ върху патерна на техните латерални двигателни и сензорни предпочитания и патерна на латерализация на

зрителното пространствено внимание. Издигната беше хипотезата, че момчетата със СХДВ проявяват по-изразено отклонение от типичните патерни на латерализация на тези мозъчни функции в сравнение с момичетата със СХДВ. Резултатите не показаха значими разлики между момчета и момичета със СХДВ по отношение на техната ръкост и окост и по отношение на патерна на латерализация на зрителното пространствено внимание. Бяха открити разлики, свързани с пола, по отношение на кракостта и ухостта, със значимо по-висока честота на левокракост и левоухост сред момчетата със СХДВ в сравнение с момичетата със СХДВ и обратно – значимо по-висока честота на смесена кракост сред момичетата със СХДВ в сравнение с момчетата със СХДВ. Свързани с пола разлики в групата със СХДВ бяха открити и по отношение на конгруентността «ръка-крак» и на конгруентността «крак-око», със значимо по-висока честота на кръстосана ръкост-кракост сред момичетата със СХДВ, отколкото сред момчетата със СХДВ и обратно – значимо по-висока честота на кръстосана кракост-окост сред момчетата със СХДВ, отколкото сред момичетата със СХДВ. Следователно, резултатите от настоящото проучване частично потвърждават нашата седма хипотеза, постулираща, че полът на децата със СХДВ има модулиращи ефекти върху патерна на латералните моторни и сензорни предпочитания и патерна на латерализация на зрителното пространствено внимание, като момчетата показват по-изразено отклонение от типичните модели на латерализация на тези мозъчни функции в сравнение с момичетата. Всъщност резултатите разкриха, че полът на децата със СХДВ има модулиращи ефекти върху патерна на част от латералните предпочитания (кракост и ухост) и върху конгруентността на моторните и сензорните латерални предпочитания, но не и върху патерна на латерализация на визуалното пространствено внимание. Резултатите ни също така

разкриха, че тези свързани с пола ефекти действат явно по посложен начин.

Взети заедно, получените в настоящото проучване резултати показват, че СХДВ е свързан с анормален и неконгруентен патерн на функционална мозъчна латерализация при значимо по-голяма част от децата със СХДВ в сравнение с техните типично развиващи се връстници, включващ смесена ръкост, левокракост, левоухост и левостранен неглект (последният – патерн на изпълнение на задачата за разполовяване на линията, показващ липсата на типичната дясно-хемисферна латерализация на зрителното пространствено внимание), както и общо латерална неконгруентност и кръстосани предпочитания «ръка-крак», «ръка-око», «ръка-ухо», «крак-ухо» и «крак-око». В допълнение, резултатите от проучването разкриват модулиращи ефекти на пола на децата със СХДВ върху патерна на част от латералните двигателни и сензорни предпочитания.

Следователно, резултатите от това проучване потвърдиха основната изследователска хипотеза, постулираща, че децата с СХДВ проявяват атипичен патерн на функционална мозъчна латерализация. Да същото заключение, а именно, че СХДВ е свързано с по-общо състояние на аберантна функционална хемисферна специализация, достигат и други изследователи, проучавали двигателните, сензорните или асиметриите на вниманието при деца със СХДВ, като Pila-Nemutandani, Pillay и Meyer (2018) и Reid и Norvilitis (2000).

Резултатите от нашето проучване са консистентни с предложенията и заключенията, направени въз основа на предишни релевантни проучвания на проблема за връзката „СХДВ-атипична мозъчна латерализация“, че СХДВ е свързан както с атипична церебрална латерализация, така и с променена комуникация (Hale et al., 2005, 2007, 2009). Нещо повече, нашите резултати подкрепят както предположението, че СХДВ е резултат от дисфункция на дясната хемисфера, свързана с процесите на на

внимание и инхибиране на реакцията (Foroozandeh, 2018; Waldie & Hausmann, 2010), така и с предположението, че при СХДВ е налице лявохемисферна дисфункция, свързана с по-слабо изразени или реверсирани моторни (ръкост и/или кракост) (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021) и сензорни (ухост и/или окост) асиметрии (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021). Следователно, общият модел на резултатите от настоящото изследване емпирично подкрепят предположението, че СХДВ е свързан с общо състояние на атипична латерализация (Reid & Norvilitis, 2000).

Проучването има някои ограничения, като основните са малкият размер на двете изследвани извадки от деца – фактор със силата да повлияе на резултата от сравнително-статистическия анализ, както и липсата на отчитане на наличие/осъствие на коморбидност при всяко от участвалите в изследването деца със СХДВ. В бъдещи изследвания тези ограничения следва да бъдат преодоляни.

Въпреки ограниченията, настоящото проучване постигна целите си и добави нови, полезни знания, които ни доближават до по-добро разбиране на патогенезата на СХДВ.

ИЗВОДИ

Въз основа на резултатите от настоящото дисертационно изследване могат да се обобщят следните изводи:

1. Децата със СХДВ демонстрират атипичен патерн на функционална мозъчна латерализация, включващ недесноръкост, недеснокракост, левоухост и атипично доминиране на лява хемисфера за зрителното пространствено внимание.

2. На групово ниво децата със СХДВ показват смесена ръкост, докато типично развиващите се техни връстници показват десноръкост. Децата със СХДВ показват значимо по-голяма честота на недесноръкост в сравнение с типично развиващите се техни връстници.

3. Децата със СХДВ показват значително по-слабо изразена кракост и по-голяма честота на недеснокракост в сравнение с типично развиващите се техни връстници.

4. На групово ниво децата със СХДВ показват смесена ухост, докато типично развиващите се техни връстници показват десноухост. Децата със СХДВ показват значително по-висока честота на левоухост в сравнение с типично развиващите се техни връстници.

5. Децата със СХДВ и типично развиващите се деца на същата възраст не се различават значимо по патерна на окостта. На групово ниво и двете извадки демонстрират смесена окост и по-голямата част от тях показват предпочитание на дясното око.

6. Значимо по-нисък процент от групата деца със СХДВ показва пълна латерална конгруентност (т.е. едностранно предпочитание за ръка, крак, око и ухо) в сравнение с обикновено развиващите се деца. Значително по-висок процент от групата деца със СХДВ показват кръстосани предпочитания ръка-крак, ръка-ухо, ръка-око, крак-ухо и крак-око в сравнение с типично развиващите се деца.

7. На ниво група, децата със СХДВ и типично развиващите се техни връстници показват симетричен неглект при изпълнение на задачата за разполовяване на линии, но децата със СХДВ допускат статистически значимо по-голямо отклонение при разполовяването и с двете ръце в сравнение с типично развиващите се деца.

8. Значимо по-висок процент от децата със СХДВ показват левостранен неглект (т.е. атипичният патерн на изпълнение на задачата за разполовяване на линии) в сравнение с обикновено развиващите се техни връстници, което предполага дисфункция на фронто-париеталните мрежи на дясна хемисфера.

9. Полът на децата със СХДВ има модулиращи ефекти върху кракостта и ухостта, със значимо по-висока честота на левокракостта и левоухостта сред момчетата със СХДВ в

сравнение с момчетата със СХДВ, и значимо по-висока честота на смесената кракост сред момчетата със СХДВ в сравнение с момчетата със СХДВ

10. Полът на децата със СХДВ има модулиращи ефекти върху конгруентността «ръкост-кракост» и конгруентността «кракост-окост», със значимо по-висока честота на кръстосаното представяне на тези предпочитания сред момчетата със СХДВ, отколкото сред момчетата със СХДВ, и значимо по-висока честота на неконгруентността между кракост и окост сред момчетата със СХДВ, отколкото сред момчетата със СХДВ.

11. Полът на децата със СХДВ няма модулиращи ефекти върху ръкостта, окостта и тоталната (общата) конгруентност на измерените четири латерални предпочитания, както и върху конгруентността на следните двойки латерални предпочитания: ръка-ухо, ръка-око, крак-ухо и ухо-око.

ПРИНОСИ

1. Направен е опит за обобщаване и систематизиране на съвременните възгледи за функционалната хемисферна специализация, с акцент върху концептуализацията на ръкостта, кракостта, ухостта, окостта и латерализацията на процесите на вниманието.

2. Направен е систематичен преглед на съвременните изследователски резултати относно връзката „мозъчна латерализация – СХДВ“.

3. Според наличната релевантна литература, за първи път е изследван профилът на функционалната мозъчна латерализация, включващ моторните и сензорни хемисферни асиметрии, тяхната конгруентност и профила на латерализация на зрителното пространствено внимание при деца със СХДВ.

4. Получени са нови доказателства за връзката между СХДВ и недесноръкост, недеснокракост и левоухост.

5. Осигурено е ново доказателство за връзка между СХДВ и тоталната латерална неконгруентност, кръстосаните предпочитания «ръка-крак», «ръка-ухо», «ръка-око», «крак-ухо» и «крак-око».

6. Предоставено е ново доказателство, че при задачата за разполовяване на линията децата със СХДВ демонстрират значимо по-голямо отклонение вляво, когато разполовяват с лява ръка, и по-голямо отклонение вдясно, когато разполовяват с дясна ръка, в сравнение с техните типично развиващи се връстници.

7. Предоставени са нови доказателства за връзка между СХДВ и по-висока честота на отклонението вляво при изпълнение на задачата за разполовяване на линии.

8. Предоставени са нови доказателства за модулиращи ефекти на пола на децата със СХДВ върху патерна на кракостта и ухостта, но не и върху патерна на ръкостта и окостта.

9. Предоставени са нови доказателства за модулиращи ефекти на пола на децата със СХДВ върху тоталната латерална конгруентност (ръка, крак, ухо, око), конгруентността «ръка-крак» и «крак-око», но не и върху конгруентността «ръка-ухо», «ръка-око», «крак-ухо» и «ухо-око».

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА:

1. Asenova, I., & Belidou, K. (2022). Handedness, footedness and cross-lateralization in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. In: *Psychology - traditions and modernity*. I. Zinovieva, L. Andreeva, S. Karabelova (editors), (1063-1071), University Publishing House "St. Kliment Ohridski", Sofia.

2. Belidou, K. (2022). Examining the lateralization of visual spatial attention in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In: *Psychology - traditions and modernity*. I. Zinovieva, L. Andreeva, S.

Karabelova (editors), (1072-1079), University Publishing House "St. Kliment Ohridski", Sofia.

3. Belidou, K. (2024). Eyedness, eardness and their congruency in children with attention deficit /hyperactivity disorder. *The Bulgarian Journal of Psychology* (Collection of papers from X Jubilee International Congress of Psychology “The challenges facing modern psychology” - November 3-5, 2023), *1*, 175-185.

4. Belidou, K. (2025). Effects of gender on lateral preferences in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Yearbook of Psychology*. (in print)

**SOUTH – WEST UNIVERSITY “NEOFIT RILSKY”
BLAGOEVGRAD
FACULTY OF PHILOSOPHY
DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY**

ABSTRACT

of PhD thesis on the topic:

**FUNCTIONAL LATERALIZATION IN CHILDREN WITH
ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER**

For acquiring of educational and scientific degree “Doctor”, Area of high education: 2. Social, Economic and Legal Sciences, Professional field: 3.2 Psychology, Field: “Educational and developmental psychology”

PhD student: **KIRIAKI DIMITRIOS BELIDOU**

Supervisor: **Assoc. prof. Teodor Gergov, PhD**

Blagoevgrad, 2025

The dissertation was discussed and proposed for defense at a meeting of the Department of Psychology, Faculty of Philosophy at the South-West University “Neofit Rilski”– Blagoevgrad.

The dissertation content includes an introduction, three chapters, conclusions, contributions and applications. The text is in a volume of 157 pages, which includes 34 tables and 17 figures. The cited literature covers 203 titles in English.

The defense of the dissertation will be held on 23.05. 2025 year from 11:00 h. in Hall 210A, First Building of SWU "Neofit Rilski" - Blagoevgrad.

The defense materials are available at the office of the Department Psychology on the third floor, First Building of SWU "Neofit Rilski" – Blagoevgrad.

INTRODUCTION

The data from studies carried out to date on this problem testify to the existence of a relationship between the atypical or insufficient functional lateralization of the brain and the appearance and persistence of symptoms of impaired child development. However, probably due to the heterogeneity of the syndromes of neurodevelopmental disorders on the one hand, and due to the complexity of the phenomenon of "brain lateralization" and the great inter-individual variability associated with its manifestations, there are still many questions waiting a satisfactory and empirically well-supported answer.

ADHD is a heterogeneous disorder both in terms of its etiology and in terms of its phenotypic manifestations. This neurodevelopmental disorder is one of those disorders of the neuropsychological development in ontogenesis that are considering to be pathophysiologically related to aberrant lateralization of brain function. For this reason, the relationship between ADHD and atypical pattern of functional hemispheric laterality can be estimated as a significant research problem.

This doctoral dissertation was devoted to exactly this research problem.

CHAPTER I. THEORETICAL PART

1.1 Brain lateralization in human: historical and modern perspectives

Brain lateralization is a concept that refers to distribution of functions between the right and the left cerebral hemispheres (RH and LH) and reflects the tendency to specialization of each of the two hemispheres for different neural functions or cognitive processes (Hellige, 1993; Toga, & Thompson, 2003; Vallortigara & Rogers, 2005).

Nowadays the phenomenon "brain lateralization" is understood and explored as functional asymmetry and functional integration of

the cerebral hemispheres in the processing of any complex activity and behavior (Wada, 2009).

1.1.1 Historical development of the concept of functional specialization of the brain

Asenova (2004) has provided a brief overview of the historical development of the concept of functional brain lateralization and has described the main stages the theory of brain laterality has gone through. The first stage was dominated by the concept of absolute dominance of the left hemisphere in brain function in human.

Accumulation of two types of empirical data: data indicating the active participation of RH in some aspects of speech and language processing, and data suggesting that LH takes part in processing of non-verbal gnostic functions, has compromised the dominant views and led to the emergence of a new conceptualization that only in right-handed people the LH has a relative dominance in language-related functions and the RH has a relative dominance in non-verbal functions.

During the third stage, which continues to date, functional lateralization of brain function is considered as functional hemispheric specialization and interhemispheric collaboration in the processing of all complex mental activities (for a review see Asenova, 2004).

The modern conceptions of functional specialization of the human brain that are shortly presented bellow continue to find increasing empirical support from clinical observations but mostly from studies using different research methods, such as post-mortem studies of human brains searching differences in the structures of the LH and RH; in vivo studies using the techniques of electroencephalography, magnetoencephalography, evoked potentials, magnetic resonance imaging, positron emission tomography, transcranial Doppler sonography, single positron emission computed tomography; neuropsychological assessment of individuals with different types of brain pathology; as well as studies using behavioral methods for the assessment of interhemispheric differences in the performance of

perceptive tasks such as tachistoscopic testing, dichotic listening or dihapic (tactile) testing (Asenova, 2018).

1.1.2 Modern conceptions of functional specialization of the human brain

Lots of studies with healthy subjects of all ages, even in fetuses (Hering-Hanit et al., 2001), have shown clear differences in structure and morphology of homotopic regions of the LH and RH in cortical matter volume, grey matter volume, white matter integrity, surface area size, or cortical thickness (Luders et al., 2006; Qiu et al. 2011).

Cortical asymmetry has a molecular basis and left-right specialization reflects asymmetric cortical development at early stages (Sun et al., 2005). The most prominent anatomical differences between the two hemispheres have been found in speech-related regions, with more pronounced leftward asymmetries in both cortical (Toga & Thompson, 2003) and subcortical structures (Chang et.al., 2015). These structural hemispheric asymmetries demonstrate a relation to functional hemispheric specialization, with a dominance of LH for language and manual preference and a dominance of RH for spatial abilities, face processing, and emotional expression (Herve et al., 2013).

All findings received through the classical methods of neuropsychological research are confirmed and enriched in studies that used the modern higher-resolution methods of functional neuroimaging, such as positron emission tomography (PET), transcranial Doppler sonography (TSD), functional magnetic resonance imaging (fMRI).

1.2 Conceptualization of handedness

Handedness is seen as the most obvious sign of brain lateralization in human beings. Humans show a strong and population-level preference toward using one hand rather than the other for purposeful manual activities. The same tendency can be seen in many animal species, and especially the apes (Vallortigara et al., 2011).

It is considered that left-handedness has always been present in humans throughout the history of their development as a species (Springer, Deutch, 1990). According to research, the currently reported frequency of left-handedness (around 10%) existed since at least the Paleolithic period (Faurie, & Raymond, 2004). Moreover, the tendency toward right handedness has apparently been present across different cultures and continents (Faurie & Raymond, 2004).

1.2.1 Neuroanatomical correlates of handedness

The association between handedness and anatomical brain asymmetries is another issue that is closely related to the questions concerning the origins of handedness and its genetic influences. Unfortunately, the results from the neuroanatomical studies of handedness are not consistent enough and remain equivocal (Hatta, 2007; Sha et al., 2021), as the small number of studied samples is considered to be one of the main causes for this inconsistency (Wiberg et al., 2019).

1.2.2. Origins of human handedness

Both, hereditary and environmental factors play a role in determining a person's handedness (Ocklenburg, & Güntürkün, 2012). Studies' results conclusively evidenced that handedness is under genetic control at least in part (see Brandler & Paracchini, 2014).

Different genetic models of the origin of handedness have been created over the years. Chronologically the first models postulated that a single gene controlled handedness. The most popular of the single-gene models of handedness belong to Annett (known as the "right-shift theory") (Annett, 1985; 1998) and McManus (1985).

The Geschwind and Galaburda's theory (1987) of cerebral lateralization also emerges as a popular and often discussed theory of brain laterality in the scholar literature.

Social theories of handedness claimed that handedness is a result of influences of social environment which shape both its direction and magnitude. However, most of these theories' postulates had not found a satisfactory empirical support (for details see Asenova, 2004).

There were data that the manual preference became clear and visible as early as the 6th month after birth, i.e. this is the time when the baby begins to voluntarily reach for objects and grasp them (for a review see Scharoun & Bryden, 2014). Most probably, this pattern of handedness, visible so early in the life, rather reflects the direction of manual preference, but not the strength of the manual preference as it will be in the adulthood of the given subject.

1.3 Other forms of lateral preferences

1.3.1 Footedness, eyedness and earedness – definition and frequency

Without a doubt, handedness is the most visible form of laterality in everyday activities, but besides it, there are 3 other forms of laterality - one of a motor organ and two of sensory organs, and these are the preferences for using one of the legs, one of the eyes, and one of the ears more often. By analogy with handedness, these lateral preferences are commonly called footedness, eyedness and earedness, respectively.

Again like manual preference, all these lateral preferences demonstrate dextral biases among the general population globally (Strauss & Wada, 1983).

Regarding the frequency of right-eye preference, the statistics indicated inconsistent results. For example, according to Porac & Coren (1976) around 70% of people were right-eyed. Bourassa, McManus, & Bryden (1996) wrote that one in three subjects has left-eye dominance.

Several years later, Reiß and Reiß (1997) conducted epidemiological study of the four sensory and motor lateral preferences and their correlations in a sample of German adults and found that 91% of the participants were right-handed, 74% were right-footed, 66% were right-eyed, and 63% were right-eared. These authors observed sex-related differences in the frequency of right handedness and right footedness, but not for the rest two sensory lateral

preferences – eyedness and eardness, with more female participants being right-handed and right-footed compared to male participants.

1.3.2 About the congruence between different categories of lateral preferences

Till now, studies examining the relationships between categories of the different lateral preferences – namely, handedness, footedness, eyedness or earedness, have obtained fairly similar results, converging on the finding of a strongest relationship between handedness and footedness categories and weaker relationships between categories of handedness and sensory organ lateral preferences, i.e. eyedness and eardness (Barutcenk et al., 2007; Dargent-Paré et al., 1992; Muraleedharan, Ragavan, & Devi, 2020).

In fact, studies conducted have revealed a significant positive correlation between hand preference and foot preference – a finding that supports the hypothesis for a shared biological basis of lateralization of motor functions in human beings (for details see Packheiser et al., 2020).

1.3.3 About the association between motor and sensory organ lateral preferences and lateralization of cognitive function

Another issue concerning motor and sensory organ lateral preferences, is associated with their relations with the cerebral lateralization of cognitive function and especially with language. These relations have been far less well studied as well as have remained more debatable in comparison to the relation “handedness-cerebral dominance”.

Because of the contralateral hemispheric control of innervation of both the upper and lower limbs, it was hypothesized that the type and strength of the association of footedness and language lateralization would be similar to that, observed between handedness and language lateralization (Porac & Coren, 1981). The results of the smaller number of studies on the issue concerning the relationship between footedness and hemispheric dominance, carried out at the moment, are relatively consistent indicating that foot preference can be a better predictor of language dominance than hand preference (Elias &

Bryden, 1998), as well as a better predictor of lateralization of emotion in comparison to hand preference (Elias & Bryden, & Bulman-Fleming 1998).

1.4 Towards a general framework of hemispheric asymmetries of attention processes

1.4.1 Attention – definition, characteristics, types

The literature review reveals two main approaches applied by the attention's researchers: a classical approach and a more modern approach. Within the framework of the classical approach, attention has been considered as an unified mechanism underlying the processing of each conscious mental act, has been seen as a cognitive mechanism underlying an individual's overall conscious mental functioning. Within the modern cognitive perspective, attention is viewed as a complex, multicomponent system which is built of three different autonomous subsystems called alerting, orienting (or selective attention) and executive attention. This conceptualization of the mechanisms of attention and their components belongs to Posner (1980). At the moment, the Postner's theory of attention remains the most prominent and empirically supported.

1.4.2 Lateralization of attentional systems

The view that the lateralized brain of homo sapiens gives the modern man an advantage in survival finds more and more solid empirical evidence (Posner, Rothbart, & Rueda, 2014). In terms of both degree and direction of hemispheric asymmetries, an overall pattern of hemispheric lateralization involving a LH location of language, speech, and praxis and a RH location of the perception and expression of emotions, spatial perception, face perception and attentional processes, has been observed in the majority of people (see Asenova, 2018).

In humans RH processes information related to one's own body (Saj, 2014), realizes recognition of human faces (Rossion & Lochy, 2022) and perception and expression of emotions, especially the so-called primary emotions and negative emotions (as opposed to the LH,

which mediates the perception and expression of positive emotions and social emotions) (Ross, 2021).

Bartolomeo and Malkinson (2019) reviewed the results of the structural and functional studies of the brain, in both monkeys and humans, that have used various techniques, including neuroimaging. The authors described that according to these results, visuospatial attention is supported by multiple fronto-parietal networks, with two of them being fundamental: these are the so-called ventral and dorsal fronto-parietal networks. The ventral network encompasses the temporo-parietal junction and the ventro-lateral prefrontal cortex, which includes the inferior frontal gyrus and the middle frontal gyrus.

1.4.3 Effects of handedness on language lateralization

From a phylogenetic point of view, the preferred use of one of the two upper limbs is seen as a feature shared by all vertebrates, but simply more pronounced in man than in animals (Ocklenburg et al., 2014). With regards the evolution of language lateralization, the dominated view nowadays is that this phenomenon in humans may be due to an inherited specific brain organization in the left hemisphere for several aspects of the human language that are similar to the sensory or motor features of the vocalizations in animals (Ocklenburg et al., 2014).

1.4.4 Effects of handedness on spatial lateralization

As it was discussed above, language, speech, and praxis are typically lateralized in the LH, spatial attention, and visuospatial attention in particular, is typically lateralized in the RH in the right-handers and the majority of non-right-handers. Furthermore, this pattern of lateralization – LH dominance for language, speech, and praxis functions, and RH dominance for visual spatial attention, is more consistent and systematic in right-handers than in left-handers, and is related to greater benefits on right-handers than on left-handers. These results provide strong evidence that handedness modulates a pattern of functional brain lateralization (Posner et al., 2007).

Despite the lack of necessary consistency, taken together, the results of studies conducted to date on lateralization and its role in the lateralization of cognitive activity indicate that the pattern of optimal lateralization has clear advantages at the individual level, as it increases the quality of the brain's work, as and it benefits the general population because it provides at the level of the general population more sociable and socially coordinated behavior between people (for details see O'Regan & Serrien, 2018).

Studies of the effect of handedness on the lateralization of spatial processing in line bisection tasks and the landmark task have yielded results indicating that left- and right-handers differ in their performance profile of the two tasks. Obviously, in right-handers the right hemisphere processes spatial information while in left-handers both spatial hemispheres participate in spatial information (Liu et al., 2009). In addition, both handedness groups demonstrate different pattern of line-bisection performance, with the neurologically healthy right-handed people bisecting to the left of the center. It was suggested that handedness-related differences in the neglect-task' pattern which emerge as evidence for a more balanced organization of this high cognitive function in left-handers and its right-hemispheric organization in right-handers (Bareham et al., 2015).

1.5. Specifics of brain lateralization in neurodevelopmental disorders

Four models describing the relationship between the insufficient or atypical lateralization of the cortical functions and neurodevelopmental disorders may be find in the specialized literature their summary presentation can be found in a publication by Asenova (2017). These models are the enophenotype model, the pleiotropy model, the additive (interactive) risk model, and the neuroplasticity model. All these models present summarized empirically supported speculations about the pattern of association that may exist between genotype, cerebral lateralization, and developmental disorders.

All above reviewed theoretical models open new horizons for the research on the issue concerning the relationship between brain lateralization and neurodevelopmental disorders.

1.6. ADHD – conceptualization

1.6.1 Historical aspects of the conceptualization of ADHD

As the first scientific description of the ADHD was recognized as made by George Frederick Still (in Rafalovich, 2001).

Next period is between the 70s and 80s of the last century when the condition was redefined as Attention Deficit Disorder (ADD) with a relocation of the accent on the problems with sustained attention and impulse control in addition to hyperactivity. This new look at the disorder led to its redefinition and new renaming as attention deficit disorder (ADD) in 1980 in DSM-III by the American Psychiatric Association (American Psychiatric Association, 1980). In fact, for the first time, the distinction between the two main types of ADD – those with hyperactivity and without hyperactivity, was made in DSM-III.

In 1994, the DSM-IV introduced significant changes related to diagnosis of ADHD: first – the establishment of a subtype of ADHD that consists mainly of problems with attention, which was called “ADHD - predominantly inattentive type”; second – the establishment of a subtype of ADHD that consisted mainly of hyperactive-impulsive behavior without significant inattention, which was called “ADHD - predominantly hyperactive-impulsive type”; third – the establishment of a subtype of ADHD that consists of significant problems with both sets of symptoms (American Psychiatric Association, 1994).

In the new 21st century, the study and conceptualization of ADHD entered in its most modern period. Discussions and research have focused on the pathogenesis and the main deficits in ADHD, namely executive functions and in particular behavioral inhibition and self-regulation. Only in the last 1-2 decades the concept of hyperactivity as a behavioral disorder that affects learning processes has been imposed. Apparently, this neurodevelopmental syndrome includes a group of heterogeneous conditions with different etiologies.

1.6.2 Prevalence of ADHD

According to the American Psychiatric Association, the prevalence of ADHD varies between 3 and 5%, but according to the research, its prevalence is much higher. For example, the results of a meta-analysis of published data on the prevalence of the ADHD in different countries of the world, covering 50 studies conducted between 1982 and 2001, showed that the prevalence rate ranged from 2.4% in Australia, from 9.7% in the US to 19.8% in Ukraine. Also, in male the syndrome of ADHD is 3-4 times more common and persists even into adulthood.

1.6.3 Etiology and pathogenetic mechanisms of ADHD

There are still many unknowns related to the causal and risk factors for the onset and persistence of the syndrome. Genetic factors are believed to play a role in the onset of the disorder, but the accumulated knowledge about the mechanisms by which these influences take place of these genetic influences, is still scarce (Faraone & Larsson, 2019).

Many non-genetic factors are considered to be associated with ADHD such as premature or late birth, low birth weight, mother's smoking, poor or improper nutrition of both mother and infant, severe stress to the mother during pregnancy, toxic substances such as lead, pesticides, also mild prenatal ischemia, neuronal inflammation, which may be caused by the mechanism of the autoimmune reaction of the body of the child itself or even of the mother during fetal development (for a literature review Nigg et al., 2020).

1.6.4 Diagnostic parameters of ADHD

ADHD affects as many as 10% of school-aged children (Barkley, 2006). Diagnosis is based on criteria from the last revision of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - DSM-5 (2013).

1.6.5 Differential-diagnostic parameters of ADHD

It is rare to encounter a child with "pure" ADHD without other emotional or learning problems because ADHD is associated with an

extremely high rate of comorbid psychiatric disorders and is usually accompanied by a learning disability (Austin et al., 2007).

Barkley (2006) underlines that relative of children with ADHD are also at higher risk of neuropsychiatric disorders than relatives in the control families.

1.6.6. ADHD and brain laterality

There is increasing evidence that many other regions of the cortex and cerebellum are involved in the pathophysiology of this neurodevelopmental disorder (Seidman, Valera & Makris, 2005). Widespread reductions in volume in different structures of the cerebrum and cerebellum have been affected. The results from functional neuroimaging research have suggested that in ADHD more diffuse regions participated in the cognitive performance in comparison with the typically developing persons (Pereira-Sanchez & Castellanos, 2021).

CHAPTER TWO. STUDY'S METHODOLOGY

2.1 Study's purpose and hypotheses

The main purpose of the present study was to examine in comparative plan the functional brain lateralization of children with ADHD and typically developing children matched in terms of age and sex. More accurately, we studied, whether this neurodevelopmental disorder is associated with atypical patterns of lateral preferences (handedness, footedness, eardness, and eyedness) and atypical pattern of lateralization of visual spatial attention, and what is the effect of the child's sex on the patterns of studied asymmetries.

The following **hypotheses** were formulated:

Main hypothesis: Children with ADHD exhibit atypical pattern of functional brain lateralization.

Sub-hypothesis 1: There is a higher frequency of non-right handedness (left- or mixed-handedness) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of hemispheric asymmetry for manual control in ADHD.

Sub-hypothesis 2: There is a higher frequency of non-right footedness (left- or mixed- footedness) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of footedness in ADHD.

Sub-hypothesis 3: There is a higher frequency of non-right eardness (left- or mixed-eardness) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of eardness in ADHD.

Sub-hypothesis 4: There is a higher frequency of non-right eyedness (left- or mixed- eyedness) among children with ADHD in comparison to their typically developing peers, suggesting an atypical pattern of eyedness in ADHD.

Sub-hypothesis 5: There is a higher frequency of patterns of incongruent lateralization (i.e. cross- or mixed lateral preferences) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of lateral motor and sensory biases in ADHD.

Sub-hypothesis 6: There is a higher frequency of atypical pattern of lateralization of visual spatial attention among children with ADHD in comparison to their typically developing children, suggesting an atypical hemispheric dominance of spatial attention.

Sub-hypothesis 7: The sex of children with ADHD has modulating effects on patterns of lateral motor and sensory biases and the pattern of lateralization of visual spatial attention, with boys exhibiting a more pronounced deviation from the typical patterns of lateralization of these brain functions in comparison to girls.

2.2 Participants

Two groups of children, who were Greek native speakers, participated in the study: a group of children with ADHD-combined type, not treated with medication, consisted of 61 children, 35 boys and 26 girls, ranging from 6,7 to 12,3 years old (*Mean age* = 9,4 years, *SD* = 1,87).

The controls consisted of 61 typically developing children; 32 boys and 29 girls, ranging 6,5 - 12,2 years old (*Mean age* = 9,3 years, *SD* = 1,83). According to the their parents, class academic advisor and school psychologists, all controls had normal language and intellectual development, and good academic skills.

Each of children was included in the study only after the express consent of the director of the institution where he was educated, his parents and his stated personal wish.

2.3 Research instruments

The following research instruments were used to collect the empirical data: performance tests for measuring handedness, footedness, eardness, and eyedness, and a line bisection task.

The set of performance tests for measuring lateral motor preferences, have been previously validated by Asenova and used in many studies aiming to investigate functional brain asymmetries in both typically developing children and children with neudevelopmental disorders (Asenova, 1997, 2004, 2013, 2014, 2018).

CHAPTER III. STUDY’S RESULTS

3.1. Comparison of the results of the group with ADHD and the control group

3.1.1. *Between-group comparisons of the handedness performance test scores*

Table 1 presents the mean values of the Qma of the group with ADHD and the control group .

TABLE 1
Values of the Quotient of manual asymmetry (Qma) (Mean; SD; SEM) of the group with ADHD and the control group

	N	Mean Qma	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	61	45.90	54.20	6.939
Control group	61	71.80	42.95	5.499
t (p)	t/120= -2.925; p = .004			

As seen, while the ADHD group demonstrated a group-level mixed handedness, the control group demonstrated a right handedness.

The results of the comparative between-group analysis of frequency of the three types of handedness, seen in Table 2, showed that a significantly higher percentage of the control group exhibited right-handedness and vice versa – a significantly higher percentage of the group with ADHD exhibited mixed-handedness ($\chi^2_{[2]} = 16.497, p = .000$, Cramer's $V = 0.368$). No between-group differences were found regarding the frequency of left-handedness.

TABLE 2
Frequency of the types of handedness in the group with ADHD and the control group

	Right-handedness		Mixed-handedness		Left-handedness	
	n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	24	39.3	34	55.7	3	4.9
Control group	46	75.4	13	21.3	2	3.3
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[2]} = 16.497, p = .000$; Cramer's $V = .368$					

3.1.2. Between-group comparisons of the footedness performance test scores

As seen in Table 3, the two groups significantly differed in the mean values of the Q_{foot} ($t_{/120} = -3.221; p = .002$).

TABLE 3
Values of the Quotient of foot preference (Q_{foot}) (Mean; SD; SEM) of the group with ADHD and the control group

	N	Mean Q_{foot}	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	61	31.14	74.25	9.507
Control group	61	68.85	53.35	6.831
$t(p)$	$t_{/120} = -3.221; p = .002$			

The results of the comparative between-group analysis of frequency of the three types of footedness, seen in Table 4, showed that a significantly higher percentage of the control group exhibited right-

footedness in comparison to the group with ADHD, and vice versa ($\chi^2_{[2]} = 9.740, p = .008$, Cramer’s $V = .283$).

TABLE 4
Frequency of the types of footedness in the group with ADHD and the control group

	Right- footedness		Mixed- footedness		Left- footedness	
	n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	29	47.5	22	36.1	10	16.4
Control group	44	72.1	15	24.6	2	3.3
Pearson Chi-Square; Cramer’s V	$\chi^2_{[2]} = 9.740, p = .008$; Cramer’s $V = .283$					

3.1.3. *Between-group comparisons of the earedness performance test scores*

Table 5 presents the mean values of the Q_{ear} of the group with ADHD and the control group.

TABLE 5
Values of the Quotient of ear preference (Q_{ear}) (Mean; SD; SEM) of the group with ADHD and the control group

	N	Mean Q_{ear}	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	61	40.98	84.41	10.808
Control group	61	72.13	58.11	7.440
t (p)	$t_{/120} = -2.374; p = .019$			

The results of the analysis of frequency of the types of earedness (Table 6), showed that the majority of both groups demonstrated right- earedness, but a significantly higher percentage of the controls exhibited right-earedness while a significantly higher percentage of the group with ADHD exhibited left-earedness ($\chi^2_{[2]} = 6.545, p = .038$, Cramer’s $V = .232$). No differences were found regarding the presentation of the percentage of children with mixed-earedness.

TABLE 6

Frequency of the types of earedness in the two studied groups

	Right- earedness		Mixed- earedness		Left- earedness	
	n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	39	63.9	8	13.1	14	23.0
Control group	48	78.7	9	14.8	4	6.6
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[2]} = 6.545, p = .038$; Cramer's $V = .232$					

3.1.4. Between-group comparisons of the eyedness performance test scores

TABLE 7

Values of the Quotient of eye preference (Q_{eye}) (Mean; SD; SEM) of the group with ADHD and the control group

	N	Mean Q_{eye}	Std. Deviation	Ltd. Error mean
Group with ADHD	61	50.81	78.78	10.087
Control group	61	60.65	71.36	9.137
t (p)	$t_{/120/} = -.723; p = .471$			

As it was demonstrated in table 7, the two groups did not differ significantly in their mean values of the Q_{eye} ($t_{/120/} = -.723; p = .471$) with both groups showing a group-level mixed eyedness.

The results of the comparative between-group analysis of frequency of the three types of eyedness seen in Table 8 showed insignificant between-group differences ($\chi^2_{[2]} = .577, p = .749$, Cramer's $V = .069$). As seen, the majority of the both groups exhibited right-eyedness.

TABLE 8

Frequency of the different types of eyedness in the group with ADHD and the control group

	Right- eyedness		Mixed- eyedness		Left- eyedness	
	n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	42	68.9	8	13.1	11	18.0
Control group	45	73.8	8	13.1	8	13.1
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[2]} = .577, p = .749$; Cramer's $V = .069$					

3.1.5. Between-group comparisons of the frequency of patterns of congruent/incongruent lateral preferences

Table 9 presents the results regarding the distribution in the two groups of the congruent manual and foot preference or incongruent one.

TABLE 9
Frequency of pattern of congruent manual and foot preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Hand-foot preference		Incongruent Hand-foot preference	
	n	%	n	%
Group with ADHD	33	54.1	28	45.9
Control group	45	73.8	16	26.2
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[1]} = 5.119, p = .024$; Cramer's $V = -.069$			

As seen, significantly higher percentage of the control group demonstrated congruent (left or right) manual and foot preference ($\chi^2_{[1]} = 5.119, p = .024$; Cramer's $V = -.069$).

Table 10 presents the results regarding the distribution of the participants in the two groups according to the demonstrated congruent manual and eye preference or incongruent one. As seen from the table bellow, significantly higher percentage of the control group in comparison to the group with ADHD demonstrated congruent (left or right) manual and eye preference, which means that the controls showed higher incidence of unilateral lateralization of handedness and eyedness ($\chi^2_{[1]} = 4.784, p = .029$; Cramer's $V = -.198$).

TABLE 10
Frequency of pattern of congruent manual and eye preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Hand-eye preference	Incongruent Hand-eye preference

	n	%	n	%
Group with ADHD	21	34.4	40	65.6
Control group	33	54.1	28	45.9
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{ 1 } = 4.784, p = .029$ Cramer's <i>V</i> = -.198			

TABLE 11

Frequency of pattern of congruent manual and eye preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Hand-ear preference		Incongruent Hand-ear preference	
	n	%	n	%
Group with ADHD	20	32.8	41	67.2
Control group	42	68.9	19	31.1
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{ 1 } = 15.873, p < .000$ Cramer's <i>V</i> = -.361			

As seen the results in Table 11, significantly higher percentage of the controls in comparison to the group with ADHD demonstrated unilateral lateralization of handedness and earedness ($\chi^2_{|1|} = 15.873, p < .000$; Cramer's *V* = -.361).

Table 12 presents the results regarding the distribution of the participants in the two groups according to the demonstrated congruent hand and eye preference or incongruent one.

TABLE 12

Frequency of pattern of congruent foot and eye preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Foot-eye preference		Incongruent Foot-eye preference	
	n	%	n	%
Group with ADHD	28	45.9	33	54.1
Control group	43	70.5	18	29.5
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{ 1 } = 7.581, p = .006$ Cramer's <i>V</i> = -.249			

Obviously, significantly higher percentage of the control group in comparison to the group with ADHD demonstrated congruent (left or right) foot and eye preference, i.e. unilateral lateralization of eyedness and footedness ($\chi^2_{|1|} = 7.581, p = .006$; Cramer's $V = -.249$).

As seen the results in Table 13 significantly higher percentage of the control group in comparison to the group with ADHD demonstrated unilateral lateralization of eardness and footedness ($\chi^2_{|1|} = 4.659, p = .031$; Cramer's $V = -.195$).

TABLE 13

Frequency of the pattern of congruent foot and ear preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Foot-ear preference		Incongruent Foot-ear preference	
	n	%	n	%
Group with ADHD	46	75.4	15	24.6
Control group	55	90.2	6	9.8
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = 4.659, p = .031$ Cramer's $V = -.195$			

TABLE 14

Frequency of pattern of congruent eye and ear preference in the group with ADHD and the control group

	Congruent Eye-ear preference		Incongruent Eye-ear preference	
	n	%	n	%
Group with ADHD	34	55.7	27	44.3
Control group	34	55.7	27	44.3
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = .000, p = 1.000$ Cramer's $V = .000$			

Regarding the congruence/incongruence of eye and ear preference the results revealed absolutely identical group scores: in both groups slightly higher percentage demonstrated unilateral lateralization of eardness and eyedness ($\chi^2_{|1|} = .000, p = 1.000$; Cramer's $V = .000$).

The results that are presented in Table 15 showed that a significantly higher percentage of the control group in comparison to the group

with ADHD demonstrated total lateral congruence ($\chi^2_{|1|} = 7.491$, $p = .006$; Cramer's $V = -.248$).

TABLE 15
Frequency of pattern of total lateral congruence/incongruence in the group with ADHD and the control group

	Total lateral congruence		Total lateral incongruence	
	n	%	n	%
Group with ADHD	12	19.7	49	80.3
Control group	26	42.6	35	57.4
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{ 1 } = 7.491$, $p = .006$ Cramer's $V = -.248$			

2.1.6 Between group comparisons of the Line-bisection test scores

Results from the applied two statistical analyses: Independent-Samples T Test and Paired-Samples T Test, on the Line-bisection test scores of the two studied groups – the control group and the group with ADHD, are presented in the next table 16 and figure 9.

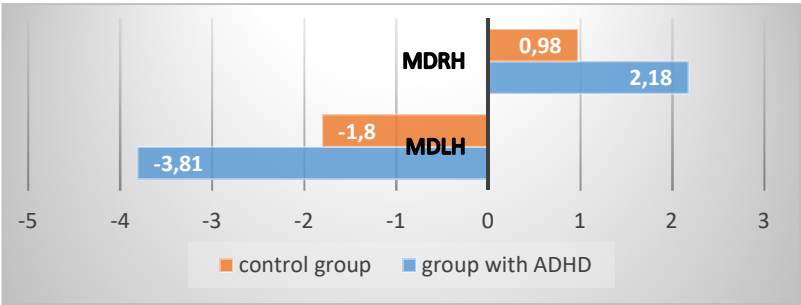
TABLE 16
Values of mean deviation scores (M; SD) for the left hand (MDlh) and the right hand (MDrh) of the group with ADHD and the control group

	N	MDlh (SD)	MDrh (SD)	t (p)
Group with ADHD	61	-3.81 (5.32)	2.18 (3.90)	$t_{/60/} = -7.326$; $p < .000$
Control group	61	-1.80 (3.26)	0.98 (3.34)	$t_{/60/} = -8.241$; $p = .004$
t (p)		$t_{/120/} = -2.516$; $p = .013$	$t_{/120/} = 3.170$; $p = .002$	

As seen, at a group level, both groups demonstrated symmetrical neglect. Nevertheless, between-group comparisons of the Mean Deviation scores for the two hands revealed significant differences with respect to the left hand ($t_{/120/} = -2.516$, $p = .013$) and the right

hand ($t_{120} = 3.170, p = .002$), suggesting bigger leftward and rightward error, respectively, for the group of children with ADHD.

FIGURE 9
Mean Percentage of Deviation scores from the true center of
the group with ADHD and the control group



Results from the Paired-Samples Statistics, which are also presented in Table 16, revealed significant differences between the MDLh and MDRh in both groups: the group of children with ADHD ($t_{60} = -7.326, p < .000$), and the control group ($t_{60} = -8.241, p = .004$).

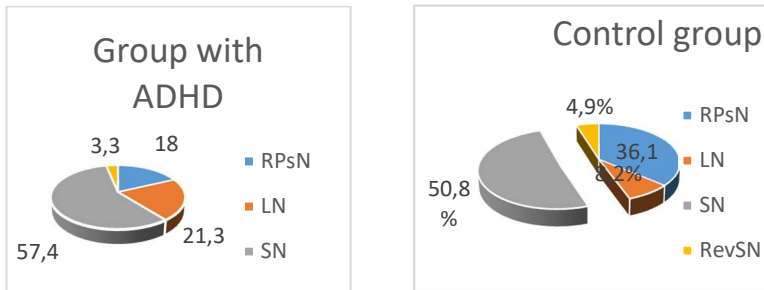
Next table 17 present the results from the Chi Square Tests applied to the line-bisection test scores, which inform us about the statistical significance of the between-group differences in distribution of participants in the two groups according to the demonstrated type of neglect.

TABLE 17
Distribution of participants in the control group and the group with
ADHD according to the demonstrated type of neglect

	Type of neglect							
	RPsN		LN		SN		RevSN	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Group with ADHD	11	18.0	13	21.3	35	57.4	2	3.3

Control group	22	36.1	5	8.2	31	50.8	3	4.9
Pearson Chi-Square	$\chi^2_{[3]} = 7.665, p = .053$							
Cramer's V	.251							

FIGURE 10
Distribution of the participants in the control group and the group with ADHD according to the demonstrated type of neglect



The results showed, that although the highest percentage in the two groups demonstrated symmetrical neglect, twice the percentage of controls compared to the ADHD group showed right pseudoneglect, and in contrast - approximately 3 times more children in the ADHD group than in the control group, showed left neglect. Between-group differences were very close to significance ($\chi^2_{[3]} = 7.665, p = .053$; Cramer's $V = .251$).

3.2. Comparison of the results of gender subgroups of the control group and the group with ADHD

3.2.1 Handedness -related differences between gender subgroups of the control group and the group with ADHD

With the aim to investigate the effects of gender and its interaction with the presence/absence of ADHD on children' handedness, univariate ANOVA was applied. Results revealed significant effect of factor

“group” ($F_{/3/} = 8.523$; $sig = .004$), but not of factor “gender” ($F_{/3/} = 2.021$; $sig = .158$) and factor “group-gender interaction” ($F_{/3/} = .030$; $sig = .862$) on the handedness scores.

As seen from the Descriptive statistics results (Table 18), all subgroups showed mixed handedness at a group level except of the control female subgroup.

TABLE 18

Descriptive statistics (M; SD; SEM) on the Handedness scores of gender subgroups of the control group and the group with ADHD

Groups	Gender subgroups	N	Mean Qma	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	Boys	35	41.14	61.91	10.466
	Girls	26	52.30	41.98	8.233
	Total	61	45.90	54.20	6.939
Control group	Boys	35	65.71	51.23	8.660
	Girls	26	80.00	27.12	5.320
	Total	61	71.80	42.95	5.499
$F; p$	$F_{/3, 118/} = 3.537; p = .017$				

In addition, the mean value of Qma of the control male subgroup was close to the upper limit of mixed-handedness degree, while the Qma of the two ADHD gender subgroups had lower values. The between-subgroup differences were statistically significant ($F_{/3, 118/} = 3.537$; $p = .017$).

Results from the Post Hoc Multiple Comparisons showed significant differences between the subgroup of ADHD boys and the two control subgroups, with ADHD boys demonstrating significantly lower handedness scores. The subgroup of ADHD girls differed significantly from the subgroup of control girls, with the tendency of lower handedness scores. There were no significant differences between the two gender ADHD subgroups ($p > .05$).

Results concerning the distribution of the participants in the gender subgroups according to the type of handedness (see table 19) showed statistical significance ($\chi^2_{|6|} = 18.663$, $p < .000$, Cramer's $V =$

.391) and confirmed the results obtained at the group level of comparison.

TABLE 19
Distribution of the participants in gender subgroups of the control group and the group with ADHD according to type of handedness

<i>Groups</i>	<i>Gender subgroups</i>	Right-handers		Mixed-handers		Left-handers	
		n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	Boys	15	42.9	18	51.4	2	5.7
	Girls	9	34.6	16	61.5	1	3.8
	Total	24	39.3	34	55.7	3	4.9
Control group	Boys	25	71.4	8	22.9	2	5.7
	Girls	21	80.8	5	19.2	0	0.0
	Total	46	75.4	13	21.3	2	3.3
χ^2, p ; Cramer's V		$\chi^2_{(6)}= 18.663, p = .005$; Cramer's $V = .391$					

The following tendencies of between-subgroup differences were observed: the highest percentage of control girls exhibited right-handedness (80.8%) and the lowest percentage of girls with ADHD exhibited right-handedness (34.6%); in contrast, the highest percentage of girls with ADHD exhibited mixed-handedness (61.5%) and the lowest percentage of control girls exhibited mixed-handedness (19.2%); no significant differences were found between the four subgroups with respect to frequency of left-handedness ($p > .05$). Again, no significant differences were found between gender subgroups of the ADHD sample ($p > .05$).

3.2.2 Footedness -related differences between gender subgroups of the control group and the group with ADHD

With the aim to investigate the effects of gender and its interaction with the presence/absence of ADHD on children' footedness, univariate ANOVA was applied. The results revealed significant effect of factor "group" ($F_{(3/)} = 10.478$; $p = .002$), but not of factor "gender" ($F_{(3/)} =$

2.006; $p = .159$) and factor “group-gender interaction” ($F_{/3/} = .115$; $p = .739$) on the footedness scores.

Results from the Descriptive statistics (see table 20) revealed that all subgroups showed mixed footedness at the group level except the control female subgroup. In addition, the mean value of Q_{foot} of the control male subgroup was close to the upper limit of the mixed-footedness degree, while the Q_{foot} of the two ADHD gender subgroups had lower values. The between-subgroup differences were statistically significant ($F_{/3, 118/} = 4.168$; $p = .008$).

TABLE 20
Descriptive statistics (M; SD; SEM) on the Footedness scores of gender subgroups of the control group and the group with ADHD

Groups	Gender subgroups	N	Mean Q_{foot}	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	Boys	35	25.71	81.68	13.807
	Girls	26	38.46	63.73	12.498
	Total	61	31.14	74.25	9.507
Control group	Boys	35	60.00	55.30	9.348
	Girls	26	80.76	49.14	9.638
	Total	61	68.85	53.35	6.831
$F; p$		$F_{/3, 118/} = 4.168$; $p = .008$			

Results from the Post Hoc Multiple Comparisons showed significant differences between the subgroup of ADHD boys and the two control subgroups, with ADHD boys demonstrating significantly lower footedness scores. The subgroup of ADHD girls differed significantly from the subgroup of control girls, with the tendency of lower footedness scores. Again, no significant differences were found between gender subgroups of the ADHD sample ($p > .05$).

Results concerning the distribution of the participants in the gender subgroups according to the type of footedness (see table 21) showed significant between-subgroup differences ($\chi^2_{[6]} = 18.5033$, $p = .005$, Cramer’s $V = .389$) which means that they differ from the results obtained at the group level of comparison.

TABLE 21

Distribution of the participants in gender subgroups of the control group and the group with ADHD according to type of footedness

<i>Groups</i>	<i>Gender subgroups</i>	Right-footedness		Mixed-footedness		Left-footedness	
		n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	Boys	17	48.6	10	28.6	8	22.9
	Girls	12	46.2	12	46.2	2	7.7
	Total	29	47.5	22	36.1	10	16.4
Control group	Boys	22	62.9	12	34.3	1	2.9
	Girls	22	84.6	3	11.5	1	3.8
	Total	44	72.1	15	24.6	2	3.3
χ^2, p Cramer's V		$\chi^2_{(6)} = 18.503, p = .005$ Cramer's $V = .389$					

The following tendencies of between-subgroup differences were observed: the highest percentage of control girls exhibited right-footedness (84.6%) and the lowest percentage of girls with ADHD exhibited right-footedness (46.2%); in contrast, the highest percentage of girls with ADHD exhibited mixed-footedness (46.2%) and the lowest percentage of control girls exhibited mixed-footedness (11.5%); among all studied gender subgroups, the frequency of left-footedness was the highest in the subgroup of boys with ADHD (22.9%). The most interesting results here concern the differences between the ADHD gender subgroups: the frequency of mixed footedness was significantly higher among the ADHD girls in comparison to the ADHD boys, and and vice versa – the frequency of left footedness was significantly higher among the ADHD boys in comparison to the ADHD girls ($p > .05$).

3.2.3 Earedness-related differences between gender subgroups of the control group and the group with ADHD

With the aim to study both the effects of gender and the effect of interaction between gender and the presence/absence of ADHD on children' earedness, Univariate ANOVA was applied on the empirical

data. Results revealed significant effect of the factor “group” ($F_{3/} = 5.009$; $p = .027$), but no effect of the factor “gender” ($F_{3/} = 2.005$; $p = .159$), and the factor “group-gender interaction” ($F_{3/} = .616$; $p = .434$) on the earedness scores.

According to the results from the Descriptive statistics (see table 22), all subgroups showed mixed earedness at the group level except the control female subgroup.

TABLE 22

Descriptive statistics (M; SD; SEM) on the Earedness scores of gender subgroups of both the control group and the group with ADHD

Groups	Gender subgroups	N	Mean Q_{ear}	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	Boys	35	28.57	92.58	15.649
	Girls	26	57.69	70.27	13.781
	Total	61	40.98	84.41	10.808
Control group	Boys	35	68.57	58.26	9.848
	Girls	26	76.92	58.79	11.512
	Total	61	72.13	58.11	7.440
$F; p$		$F_{3, 118} = 2.762$; $p = .045$			

In addition, the mean value of Q_{ear} of the control male subgroup was close to the upper limit of the mixed-earedness degree, while the Q_{ear} of the two ADHD gender subgroups had lower values, especially the Q_{ear} of the male subgroup with ADHD – Mean = 28.57. The between-subgroup differences were statistically significant ($F_{3, 118} = 2.762$; $p = .045$).

Results from the Post Hoc Multiple Comparisons showed significant differences only between the subgroup of ADHD boys and the two control subgroups: control girls ($sig. = .011$) and control boys ($sig. = .022$), with ADHD boys demonstrating significantly lower earedness scores in comparison with both subgroups.

Results, concerning the distribution of the participants in the gender subgroups of both the control and the experimental group depending on the type of earedness: left-earedness, mixed-footedness or

right-footedness, are presented in table 23. As could be seen from the table, between-subgroup differences reached statistical significance ($\chi^2_{|6|} = 13.825, p = .032$, Cramer's $V = .238$) and confirmed the results obtained at the group level of comparison.

The following tendencies of between-subgroup differences were observed: the highest percentage of control girls exhibited right-earedness (84.6%) and the lowest percentage of boys with ADHD exhibited right-earedness (60.0%). In contrast, among all studied gender subgroups, the frequency of left-earedness was the highest in the subgroup of boys with ADHD (31.4%).

TABLE 23
Distribution of the participants in gender subgroups of the control group and the group with ADHD according to type of earedness

<i>Groups</i>	<i>Gender subgroups</i>	Right-earedness		Mixed-earedness		Left-earedness	
		n	%	n	%	n	%
Group with ADHD	Boys	21	60.0	3	8.6	11	31.4
	Girls	18	69.2	5	19.2	3	11.5
	Total	39	63.9	8	13.1	14	23.0
Control group	Boys	26	74.3	7	20.0	2	5.7
	Girls	22	84.6	2	7.7	2	7.7
	Total	48	78.7	9	14.8	4	6 .6
$\chi^2_{ 6 }, p;$ Cramer's V	$\chi^2_{ 6 } = 13.825, p = .032; \text{Cramer's } V = .238$						

2.3.4 Eyedness-related differences between gender subgroups of the control group and the group with ADHD

Aiming to study both the effects of gender and the effect of interaction between gender and the presence/absence of ADHD on children' eyedness, Univariate ANOVA was applied on the empirical data. Results revealed insignificant effect of all three studied factors: the factor "group" ($F_{/3/} = .576; sig = .449$) and the factor "gender" ($F_{/3/} = .061; sig = .805$), as well as the factor "group-gender interaction" ($F_{/3/} = 1.739; sig = .190$) on the eyedness scores. Results from the Descriptive

statistics are presented in the next table 24 and are illustrated with Figure 14.

TABLE 24
Descriptive statistics (M; SD; SEM) on the Eyedness scores of gender subgroups of both the control group and the group with ADHD

Groups	Gender subgroups	N	Mean Q_{eye}	Std. Deviation	Std. Error Mean
Group with ADHD	Boys	35	40.00	84.71	14.319
	Girls	26	61.53	69.72	13.674
	Total	61	49.18	78.78	10.087
Control group	Boys	35	68.57	63.11	10.667
	Girls	26	53.84	81.14	15.913
	Total	61	62.29	71.09	9.102
$F; p$		$F_{3, 118} = .910; p = .438$			

As seen, all subgroups showed mixed eyedness at the group level with the between-subgroup differences being statistically insignificant ($F_{3, 118} = .910; p = .438$). Nevertheless, it is impressive, that the mean value of the Q_{eye} of the control male subgroup was close to the upper limit of the mixed-eyedness degree (Mean = 68.57), while the mean value of the Q_{eye} of the male ADHD subgroup had lowest values (Mean = 40.00).

Results from the Post Hoc Multiple Comparisons showed no significant between-subgroups' differences ($p > .05$).

Results, concerning the distribution of the participants in the gender subgroups depending on the type of eyedness are presented in table 25.

TABLE 25
Distribution of the participants in gender subgroups of the control group and the group with ADHD according to the type of eyedness

Groups	Gender subgroups	Right-eyedness		Mixed-eyedness		Left-eyedness	
		n	%	n	%	n	%
Group with	Boys	22	62.9	5	14.3	8	22.9

ADHD	Girls	20	76.9	3	11.5	3	11.5
	Total	42	68.9	8	13.1	11	18.0
Control group	Boys	27	77.1	4	11.4	4	11.4
	Girls	18	69.2	4	15.4	4	15.4
	Total	45	73.8	8	13.1	8	13.1
χ^2, p Cramer's V	$\chi^2_{ 6 } = 2.763, p = .838$ Cramer's $V = .106$						

As seen, between-subgroup differences did not reach statistical significance ($\chi^2_{|6|} = 2.763, p = .838$, Cramer's $V = .106$) confirming the results obtained at the group level of comparison.

2.3.5. Between-group comparisons of the frequency of patterns of congruent/incongruent lateral preferences in gender subgroups of the ADHD group and the Control group

Table 26 presents the results regarding the distribution of the participants in the four subgroups according to the demonstrated congruent hand-foot preference or incongruent one. The lowest percentage of congruent hand-foot preference was observed in the female ADHD subgroup, with the between-group differences with the rest gender subgroups being statistically significant ($\chi^2_{|3|} = 14.165, p = .003$, Cramer's $V = .341$). In contrast, the highest percentage of congruent hand-foot preference was exhibited by the female control female subgroup.

Table 27 presents the results regarding the distribution of the participants in the studied gender subgroups according to the demonstrated patterns of hand-ear congruence.

TABLE 26
Frequency of the pattern of congruent hand-foot preference in
the ADHD gender subgroups of the control gender groups

	Congruent Hand-foot preference		Incongruent Hand-foot preference	
	n	%	n	%

Subgroup of boys with ADHD	23	65.7	12	34.3
Subgroup of girls with ADHD	10	38.5	16	61.5
Control subgroup of boys	22	62.9	13	37.1
Control subgroup of girls	23	88.5	3	11.5
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 14.165, p = .003$ Cramer's $V = .341$			

TABLE 27
Frequency of the pattern of congruent hand-ear preference in the
ADHD gender subgroups of the Control gender groups

	Congruent hand-ear preference		Incongruent hand-ear preference	
	n	%	n	%
Subgroup of boys with ADHD	13	37.1	22	62.9
Subgroup of girls with ADHD	7	26.9	19	73.1
Control subgroup of boys	24	68.6	11	31.4
Control subgroup of girls	18	69.2	8	30.8
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 16.499, p = .001$ Cramer's $V = .368$			

As seen, the majority of the both ADHD gender subgroups demonstrated lack of congruent hand-ear preference ($\chi^2_{[3]} = 16.499, p = .001$, Cramer's $V = .368$).

As seen from the Table 28, the majority of both gender subgroups of the group with ADHD demonstrated lack of congruent hand-eye preference, with the percentage of those participants being lower in the male ADHD subgroup. The control gender subgroups had almost the same pattern of the results. The between-subgroup differences did not reach statistical significance ($\chi^2_{[3]} = 6.056, p = .109$, Cramer's $V = .223$).

TABLE 28
Frequency of the pattern of congruent hand-eye preference in the
ADHD gender subgroups of the control gender groups

	Congruent hand-eye preference		Incongruent hand-eye preference	
	n	%	n	%

Subgroup of ADHD boys	14	40.0	21	60.0
Subgroup of ADHD girls	7	26.9	19	73.1
Control subgroup of boys	18	51.4	17	48.6
Control subgroup of girls	15	57.7	11	42.3
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 6.056, p = .109$ Cramer's <i>V</i> = .223			

As it was presented in the table 29, no significant gender-related between-subgroup differences were found regarding the congruence of the foot-ear preferences ($\chi^2_{[3]} = 5.973, p = .113$; Cramer's *V* = .221). Nevertheless, the tendency of the lower lateral congruence in the gender subgroups of the ADHD group, was again available.

TABLE 29

Frequency of the pattern of congruent foot-ear preference in the ADHD gender subgroups of the Control gender groups

	Congruent foot-ear preference		Incongruent foot-ear preference	
	n	%	n	%
Subgroup of ADHD boys	27	77.1	8	22.9
Subgroup of ADHD girls	19	73.1	7	26.9
Control subgroup of boys	30	85.7	5	14.3
Control subgroup of girls	25	96.2	1	3.8
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 5.973, p = .113$ Cramer's <i>V</i> = .221			

As seen in Table 30, the lowest percentage of congruent foot-eye preference was observed in the male ADHD group, with the between-group differences with the rest gender subgroups being statistically significant ($\chi^2_{[3]} = 10.295, p = .016$, Cramer's *V* = .290). Although the female ADHD gender subgroup also demonstrated lower congruence between these two lateral preferences, the differences with the rest gender subgroups did not reach level of statistical significance.

TABLE 30

Frequency of the pattern of congruent foot-eye preference in the ADHD
gender subgroups of the Control gender groups

	Congruent Foot-eye preference		Incongruent Foot-eye preference	
	n	%	n	%
Subgroup of boys with ADHD	13	37.1	22	62.9
Subgroup of girls with ADHD	15	57.7	11	42.3
Control subgroup of boys	24	68.6	11	31.4
Control subgroup of girls	19	73.1	7	26.9
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 10.295, p = .016$ Cramer's <i>V</i> = .290			

The results regarding the distribution of the participants in the studied gender subgroups according to the demonstrated pattern of ear-eye congruence (see Table 31), no significant gender-related between-subgroup differences were found ($\chi^2_{[3]} = 4.784, p = .029$; Cramer's *V* = .180). Nevertheless, the tendency of the lowest lateral congruence in the subgroup of the ADHD boys in comparison to the other gender subgroups, was again observed.

TABLE 31

Frequency of the pattern of congruent ear-eye preference in the ADHD
gender subgroups of the Control gender groups

	Congruent ear-eye preference		Incongruent ear-eye preference	
	n	%	n	%
Subgroup of boys with ADHD	16	45.7	19	54.3
Subgroup of girls with ADHD	18	69.2	8	30.8
Control subgroup of boys	18	51.4	17	48.6
Control subgroup of girls	16	61.5	10	38.5
Pearson Chi-Square; Cramer's <i>V</i>	$\chi^2_{[3]} = 3.962, p = .266$ Cramer's <i>V</i> = .180			

Next Table 32 presents the results regarding the distribution of the participants in the gender subgroups of the ADHD and control groups according to the pattern of total lateral congruence versus total lateral incongruence (hand-foot-eye-ear).

TABLE 32

Frequency of pattern of total lateral congruence/incongruence in the in the ADHD gender subgroups of the Control gender groups

	Total lateral congruence		Total lateral incongruence	
	n	%	n	%
Subgroup of boys with ADHD	8	22.9	27	77.1
Subgroup of girls with ADHD	4	15.4	22	84.6
Control subgroup of boys	12	34.3	23	65.7
Control subgroup of girls	14	53.8	12	46.2
Pearson Chi-Square; Cramer's V	$\chi^2_{[3]} = 10.541, p = .014$ Cramer's $V = .294$			

As seen, the highest percentage of the control female subgroup demonstrated total lateral congruence and the lowest percentage of the ADHD female subgroup exhibited total lateral congruence. The between- subgroup difference are statistically significant ($\chi^2_{[3]} = 10.541, p = .014$; Cramer's $V = .294$).

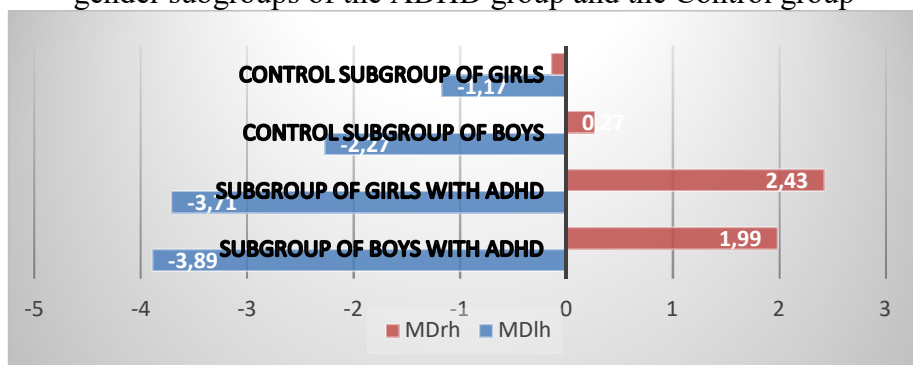
2.3.6 Between group comparisons of the Line-bisection test scores in gender subgroups of the ADHD group and the Control group

Results from the applied ANOVA and Paired-Samples T Test on the Line-bisection test scores of the studied gender subgroups that are presented in As can be seen in table 33 and figure 15, the statistical analysis revealed an interesting pattern of gender-related between-subgroup differences. While at a group level, both gender subgroups of the ADHD group demonstrated clearly defined symmetrical neglect, i.e. (leftward bias of the subjective center from the real center with the left hand and rightward bias of the subjective center from the real center with the right hand), the male control subgroup demonstrated a weak symmetrical neglect (the Mean deviation scores for the right hand is close to zero), and the female control subgroup demonstrated a very weak indeed, but rightward pseudoneglect.

TABLE 33
Values of mean deviation scores (M; SD) for the left hand (MDlh)
and the right hand (MDrh) of the gender subgroups

	N	MDlh (SD)	MDrh (SD)
Subgroup of boys with ADHD	35	-3.89 (6.04)	1.99 (4.33)
Subgroup of girls with ADHD	26	-3.71 (4.25)	2.43 (3.31)
Control subgroup of boys	35	-2.27 (3.64)	0.27 (3.98)
Control subgroup of girls	26	-1.17 (2.59)	-.14 (2.26)
t (p)		$t_{118} = 2.403$; $p = .071$	$t_{118} = 3.441$; $p = .019$

FIGURE 15
Mean Percentage of Deviation scores from the true center of the
gender subgroups of the ADHD group and the Control group



The between-group comparisons of the Mean Deviation scores for each of the hands separately revealed significant differences with respect to the right hand ($t_{118} = -3.441$, $p = .019$) and insignificant differences with respect to the left hand ($t_{118} = 2.403$, $p = .071$), suggesting bigger leftward and rightward errors, respectively, for the two gender subgroups of children with ADHD.

The results of the multiple comparisons regarding the subgroup Means of the left-hand deviation found statistically significant differences only between the control subgroup of girls and the two

ADHD gender subgroups: the male subgroup ($p = .020$) and the female subgroup ($p = .041$), respectively.

The results of the multiple comparisons regarding the subgroup Means of the right-hand deviation found statistically significant between-subgroup differences: the control girls significantly differed from the two ADHD gender subgroups and the control subgroup of boys significantly differed from the ADHD subgroup of girls and very close to significantly differed from the subgroup of boys ($p = .051$).

Results, concerning the distribution of the participants in the gender subgroups depending on the type of the neglect demonstrated, are presented in the next table 34.

TABLE 34

Distribution of the participants in the gender subgroups of the control group and the group with ADHD according to the type of neglect

	Type of neglect							
	RPsN		LN		SN		RevSN	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Subgroup of ADHD boys	8	22.9	8	22.9	18	51.4	1	2.9
Subgroup of ADHD girls	3	11.5	5	19.2	17	65.4	1	3.8
Control subgroup of boys	13	37.1	3	8.6	17	48.6	2	5.7
Control subgroup of girls	9	34.6	2	7.7	14	53.8	1	3.8
Pearson Chi-Square	$\chi^2_{[9]} = 9.324, p = .408$							
Cramer's V	.160							

As seen from the table, between-subgroup differences did not reach statistical significance ($\chi^2_{[9]} = 9.324, p = .408$, Cramer's $V = .160$). Nevertheless, the following tendency, although insignificant, was observed: the highest percentage of the ADHD girls exhibited Symmetrical neglect (65.4%) and the highest percentage of the ADHD boys exhibited left neglect (22.9%). In contrast, among all studied gender subgroups, the frequency of right-pseudoneglect was higher in the two control subgroups: this of the control boys (37.1%) and this of the control girls (34.6%).

DISCUSSION

Comparing two samples of 6,5 to 12,3 years old children, matched in age and sex with regards the patterns of basic lateral preferences, namely, handedness, footedness, eardness, and eyedness, and the pattern of lateralization of visual spatial attention, we tried to find the answer of several issues related to the pathogenetic mechanisms of ADHD. In line with our expectations, the obtained results of the applied statistical analysis supported the raised research hypotheses, except for one, as the results revealed significant differences between the two samples of children in terms of studied variables, related to brain lateralization.

The results of the comparative analysis of data concerning handedness of the participants confirmed our first research sub-hypothesis postulating a higher frequency of non-right handedness (left- or mixed-handedness) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of hemispheric asymmetry for manual control in ADHD. These our findings provided further support to the results of previous studies that have found a significantly higher incidence of non-right-handedness among people with ADHD (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021; Niederhofer, 2005; for meta-analyses see Nastou and co-workers (2022).

Results regarding between-group comparison of foot preference confirmed our second research sub-hypothesis postulating a higher frequency of non-right footedness (left- or mixed- footedness) among children with ADHD in comparison to their typically developing peers, suggesting an atypical pattern of footedness in ADHD. These results are consistent with previous studies' findings on footedness in ADHD, that also reported a significantly higher frequency of less right-lateralized footedness in ADHD (for meta-analyses see Packheiser et al., 2020).

Results concerning between-group comparisons of ear preference revealed significant differences between the two studied groups at both the group and individual level. A significantly higher frequency of left

earliness among 7-12 years old children affected by ADHD in comparison to typically developing children at the same age, was found. This our finding is consistent with the finding of Reid and Norvilitis (2000) who also observed abnormal pattern of ear preference in children with ADHD, but is inconsistent with the finding of Pila-Nemutandani et al. (2018) who failed to find any bias in the distribution of the types of ear preference in the studied ADHD sample.

With regards to the eye preference, present study's results did not find significant differences between the sample of children with ADHD and the sample of typically developing children, both at a group level and at an individual level: both samples showed mean Q_{eye} indicating mixed eyedness and the vast majority of the two studied samples showed right-eye preference. These findings did not support our fourth hypothesis according to which there is a higher frequency of non-right eyedness (left- or mixed- eyedness) among children with ADHD in comparison to typically developing children. Our results do not agree with the results reported by Moghadam et al. (2021) who have found significant differences between children with ADHD and their typically developing peers regarding eyedness, but fully agree with the results of Yılmaz and Karacan (2021) and Reid and Norvilitis (2000) who, similar to us, also failed to find differences in the frequency of left- or mixed-eyedness among 7-18 years old children with ADHD.

Between-group comparisons of the frequency of patterns of congruent or vice versa – incongruent lateral preferences between the four types of lateral preferences (hand-, foot-, eye-, and ear preference), revealed that significantly lower percentage of the group of children with ADHD exhibited total lateral congruence (i.e. unilateral hand-, foot-, eye-, and ear preference) – just 1/5 of them vs. more than 2/5 of the controls. Moreover, except for congruence of eye-ear lateral preferences, where no between-group differences were found, for all other studied pairs of lateral preferences, a significantly lower percentage of children with ADHD showed their congruence. Therefore, the results supported the fifth hypothesis of the study, that

there is a higher frequency of patterns of incongruent lateralization (i.e. cross- or mixed lateral preferences) among children with ADHD in comparison to typically developing children, suggesting an atypical pattern of lateral motor and sensory biases in children suffering from ADHD.

Our research findings provided further evidence for the suggestion that ADHD is associated with incongruent motor (hand and foot) and sense (ear) organ lateral preferences and was in agreement with previous studies which also have observed significantly higher frequency of cross lateral dominance in children with ADHD than in typically developing children (Pila-Nemutandani, Pillay & Meyer, 2018).

Significant between-group differences were also found regarding the performance of the line-bisection task. Although, both samples of children showed symmetric neglect at a group level (which emerges as a childhood-typical pattern of task performance, chronologically preceding the typically adult-onset pattern of right pseudoneglect, and considered to be due to the incomplete process of functional lateralization and insufficient maturity of interhemispheric communication), between-group comparisons of the mean deviation scores for each hand separately, revealed significant differences for both hands, which differences were expressed in a larger error of bisection for the group of children with ADHD in comparison to the group of typically developing children. Moreover, the between-group comparisons, regarding the distribution of the participants in the two groups according to the type of neglect that they have demonstrated, revealed new interesting finding, namely – similar percentage of children who demonstrated symmetric neglect, but a significantly higher percentage of children in the control group who showed right pseudoneglect and vice versa – a significantly higher percentage of children in the group with ADHD who showed left neglect. These findings provided evidence for our sixth research hypothesis which postulated a higher frequency of atypical pattern of lateralization of

visual spatial attention among children with ADHD in comparison to their typically developing children, suggesting an atypical hemispheric dominance of spatial attention in ADHD. Our results are in agreement with those of most previous studies that have used traditional tasks for studying brain lateralization of visual spatial attention and provide additional empirically based support for the assumption that similar to patients with right-hemisphere damages, children with ADHD tend to demonstrate left neglect (Aliabadi et al., 2011; Foroozandeh, 2018;; Voeller & Heilman, 1988; Waldie & Hausmann, 2010), which is assumed to be due to a dysfunction of right-hemisphere fronto-parietal networks and structural and functional immaturation or pathology of the corpus callosum (for details see Waldie & Hausmann, 2010).

In the context of widely accepted and empirically supported view, that ADHD is a predominantly male neurodevelopmental disorder (for a review see Rucklidge, 2010), an additional purpose of the present study was raised, namely, to investigate the modulating effects of the sex of children with ADHD on the patterns of their lateral motor and sensory preferences and the pattern of lateralization of visual spatial attention. A hypothesis that boys with ADHD exhibit a more pronounced deviation from the typical patterns of lateralization of these brain functions in comparison to girls with ADHD, was raised. The results revealed no significant differences between boys and girls with ADHD regarding their manual and eye lateral preferences, and the pattern of lateralization of visual spatial attention. Sex-related differences were found with respect to foot and ear lateral preference, with a significantly higher frequency of left-footedness and left-earedness among boys with ADHD in comparison to girls with ADHD and vice versa – a significantly higher frequency of mixed footedness among girls with ADHD in comparison to boys with ADHD. Sex-related differences in the ADHD sample were also found with respect to hand-foot congruence and foot-eye congruence, with a significantly higher frequency of crossed hand-foot preference among ADHD girls than ADHD boys and vice versa – a significantly higher frequency of

crossed foot-eye congruence preference among ADHD boys than ADHD girls. Therefore, present study's results partially confirmed our seventh research sub-hypothesis postulating that the sex of children with ADHD has modulating effects on patterns of lateral motor and sensory biases and the pattern of lateralization of visual spatial attention, with boys exhibiting a more pronounced deviation from the typical patterns of lateralization of these brain functions in comparison to girls. In fact, the results revealed that sex of children with ADHD has modulating effects on the patterns of a part of lateral preferences (footedness and earedness), and on congruence of motor and sensory lateral preferences, but not on the pattern of lateralization of visual spatial attention. The findings also revealed that these sex-related effects act in a more complex manner.

Taken together, present study's results obtained showed ADHD" is associated with an aberrant and incongruent pattern of functional brain lateralization in a significantly greater part of children with ADHD in comparison to their typically developing peers, including mixed handedness, left footedness, left earedness, and left neglect (the pattern of line bisection task performance indicating the lack of the typical right-hemispheric lateralization of visual spatial attention), as well as a total lateral incongruence and incongruent hand-foot, hand-eye, hand-ear, foot-ear, and foot-eye preferences. In addition, study's findings revealed modulating effects of sex of children with ADHD on the patterns of a part of lateral motor and sensory biases.

Therefore, this study's findings verified the main research hypothesis postulating that children with ADHD exhibit atypical pattern of functional brain lateralization.

The same conclusion, namely, that ADHD is related to a more general condition of aberrant specialization of hemispheric functions, was reached by other researchers who studied motor, sensory or attentional asymmetries in children with ADHD, such as Pila-Nemutandani, Pillay and Meyer (2018) and Reid and Norvilitis (2000).

Our study's findings are consistent with the suggestions and conclusions made on the basis of previous relevant studies devoted to the issue of the relationship "ADHD-atypical brain lateralization", that ADHD is associated with both atypical cerebral lateralization and altered interhemispheric connectivity (Hale et al., 2005, 2007, 2009). Moreover, our results provide support for both the assumption, that ADHD is a result of right hemispheric dysfunction related to attention processes and response inhibition (Foroozandeh, 2018; Waldie & Hausmann, 2010), and the assumption that ADHD is related to LH dysfunction associated with reduced or reversed motor (handedness and/or footedness) (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021) and sensory (earedness and eyedness) asymmetries (Moghadam, Hassanzadeh & Ghasemzadeh, 2021). Therefore, the total pattern of the present findings empirically supports the suggestion that ADHD is associated with a general condition of abnormal lateralization (Reid & Norvilitis, 2000).

The study has some limitations as the main ones are the small size of the two studied samples of children – a factor with the power to influence the outcome of the comparative statistical analysis, and the lack of taking into account the presence/absence of comorbidity in each of the children with ADHD who participated in the study. In future research, these limitations could be overcome.

Despite the limitations, present study achieved its goals and added new, useful knowledge that brings us closer to a better understanding of the pathogenesis of ADHD.

CONCLUSIONS

The following conclusions can be summarized based on the findings of the present dissertation research:

1. Children with ADHD exhibit atypical pattern of functional brain lateralization including a shift towards non-right-handedness, non-right-footedness, left-earedness and an aberrant left-hemispheric dominance for visual spatial attention.

2. At a group level, children with ADHD showed mixed-handedness while typically developing their peers showed right-handedness. Children with ADHD showed significantly higher frequency of non-right-handedness in comparison to typically developing their peers.

3. Children with ADHD showed significantly weaker footedness strength and higher frequency of non-right-footedness in comparison to typically developing their peers.

4. At a group level, children with ADHD showed mixed-earedness while typically developing their peers showed right-earedness. Children with ADHD showed significantly higher frequency of left-earedness in comparison to typically developing their peers.

5. Children with ADHD and typically developing their peers did not differ significantly in eye preference. At a group level, both samples demonstrated mixed-eyedness and the vast majority of them showed right-eye preference.

6. Significantly lower percentage of the group of children with ADHD exhibited total lateral congruence (i.e. unilateral hand-, foot-, eye-, and ear preference) in comparison to typically developing children. Significantly higher percentage of the group of children with ADHD exhibited crossed hand-foot, hand-ear, hand-eye, foot-ear, and foot-eye preferences, in comparison to typically developing children.

7. At a group level, children with ADHD and typically developing their peers showed symmetric neglect as a pattern of line-bisection performance, but ADHD sample made significantly larger error of bisection for both hands in comparison to the sample of typically developing children.

8. Significantly higher percentage of children with ADHD showed left neglect (the aberrant pattern of line-bisection performance) in comparison to typically developing their peers, suggesting a dysfunction of right-hemisphere fronto-parietal networks.

9. Sex of children with ADHD has modulating effects on footedness and earedness, with a significantly higher frequency of left-

footedness and left-earedness among boys with ADHD in comparison to girls with ADHD and a significantly higher frequency of mixed footedness among girls with ADHD in comparison to boys with ADHD, respectively.

10. Sex of children with ADHD has modulating effects on hand-foot congruence and foot-eye congruence, with a significantly higher frequency of crossed hand-foot preference among ADHD girls than ADHD boys and a significantly higher frequency of crossed foot-eye congruence preference among ADHD boys than ADHD girls, respectively.

11. Sex of children with ADHD has no modulating effects on handedness, eyedness, total congruence of lateral preferences, as well as on congruence of hand-ear, hand-eye, foot-ear and ear-eye lateral preferences.

CONTRIBUTIONS

1. An attempt to summarize and systematize the modern views about functional brain specialization, with a focus on the conceptualization of handedness, footedness, earedness, eyedness and lateralization of attentional processes, has been made.

2. A systematic review of the current research findings regarding the relationship “brain lateralization – ADHD”, has been made.

3. According to the available relevant literature, for the first time the profile of functional brain lateralization, including motor and sensory lateral preferences, their congruence and lateralization of visual spatial attention, was studied in children with ADHD.

4. New evidence for association between ADHD and non-right-handedness, non-right-footedness and left-earedness has been provided.

5. New evidence for association between ADHD and total lateral incongruence, crossed hand-foot, hand-ear, hand-eye, foot-ear, and foot-eye preferences, has been provided.

6. New evidence that in line-bisection task, children with ADHD demonstrate significantly larger leftward bias when bisect with the left

hand and larger rightward bias when bisect with the right hand in comparison to their typically developing peers, has been provided.

7. New evidence for association between ADHD and higher frequency of left neglect in performance of line-bisection task, has been provided.

8. New evidence for modulating effects of sex of children with ADHD on footedness and earedness, but not on handedness and eyedness, has been provided.

9. New evidence for modulating effects of sex of children with ADHD on total lateral congruence (hand, foot, ear, eye), hand-foot congruence and foot-eye congruence, but not on hand-ear, hand-eye, foot-ear and ear-eye congruence, has been provided.

PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE PhD DISSERTATION

1. Asenova, I., & Belidou, K. (2022). Handedness, footedness and cross-lateralization in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. In: *Psychology - traditions and modernity*. I. Zinovieva, L. Andreeva, S. Karabelova (editors), (1063-1071), University Publishing House "St. Kliment Ohridski", Sofia.

2. Belidou, K. (2022). Examining the lateralization of visual spatial attention in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In: *Psychology - traditions and modernity*. I. Zinovieva, L. Andreeva, S. Karabelova (editors), (1072-1079), University Publishing House "St. Kliment Ohridski", Sofia.

3. Belidou, K. (2024). Eyedness, earedness and their congruency in children with attention deficit /hyperactivity disorder. *The Bulgarian Journal of Psychology* (Collection of papers from X Jubilee International Congress of Psychology "The challenges facing modern psychology" - November 3-5, 2023), 1, 175-185.

4. Belidou, K. (2025). Effects of gender on lateral preferences in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Yearbook of Psychology*. (in print)

5.