

DiaGraMo

Diagnostika grafomotoriky

Diagnostický a technický manuál



Brno | 2024

Poděkování

Rádi bychom srdečně poděkovali všem, kteří se přímo i nepřímo podíleli na vzniku této diagnostické metody. Jmenovitě studentům Pavle Suchomelové, Radku Rychlíkovi a Štěpánu Voříškovi za pomoc s kódováním a zpracováním dat. Velké poděkování patří také základním školám a jejich pedagogům a pedagožkám, kteří nám umožnili sbírat nezbytná data. Zároveň chceme vyjádřit vděk speciálním pedagožkám z Pedagogicko-psychologických poraden a našim studentkám a studentům za jejich úsilí při sběru dat. Bez aktivní účasti dětí by však naše data nebyla kompletní. Vaše neocenitelná spolupráce je základem užitečnosti a úspěchu této diagnostické metody.

Autoři

Katarína Zvončáková / Jiří Mekyska / Tomáš Urbánek / Ján Mucha / Tomáš Prošek

Spoluautoři podílející se na tvorbě diagnostické metody DiaGraMo

Zoltán Galáž / Vojtěch Zvončák / Lukáš Čunek / Michal Gavenčiak / Miroslav Zárecký

Jana Marie Havigerová / Jiřina Bednářová / Jiří Laciga

Dedikace

Tato publikace vznikla v rámci projektu TA ČR TL0300028 Software pro pokročilou diagnostiku grafomotorických obtíží.

Žádná část tohoto díla nesmí být rozmnožována, ukládána ani přenášena elektronickými, mechanickými, kopírovacími, filmovacími, záznamovými či jinými prostředky bez písemného povolení vydavatele.

Vydal Psychologický ústav Akademie věd České republiky vv.i ve spolupráci s Vysokým učením technickým v Brně a Propsyco s.r.o.

Grafická úprava: Pavel Křepela

ISBN: 978-80-86174-24-2

Text je volně dostupný na [www. propsyco.cz](http://www.propsyco.cz)

Obsah

Úvod	5
Teoretická východiska	6
Vývoj DiaGraMo	10
Vývoj škály GHDRS	10
Nástroj DiaGraMo	10
Výběr testových úkolů.....	12
Konfirmační faktorová analýza: Horní smyčky	13
Regresní analýza: Grafomotorické elementy.....	15
Regresní analýza: Přepis a Diktát	17
Shoda posuzovatelů: Přepis a Diktát.....	18
Finální výběr testových úkolů.....	19
K čemu DiaGraMo slouží	20
K čemu DiaGraMo není určen	21
Požadavky na administrátora.....	21
Administrace	22
Hardware.....	22
Zapojení digitalizačního tabletu Wacom Cintiq 16.....	23
Nastavení PC.....	24
Nastavení obrazovky v systému Windows.....	24
Instalace a aktualizace ovladačů Wacom	26
Nastavení pera - deaktivace funkcí	27
Závěrečná kontrola a zobrazení	29
Software DiaGraMo.....	30
Přihlášení do systému	31
Nový záznam.....	32
Adaptace	34
Akvizice.....	35
Analýza	36
Skóry	38
Úloha	38
Analýza úlohy.....	39
Parametry	41
Obecné zásady práce s DiaGraMo.....	42
Administrace úkolů	43
Možné zkreslení výstupu	43
Jiné zadání, než je doporučeno	44
V záznamu je „něco“ navíc	44
Psaný výstup je tiskacím písmem.....	45
Kontrola a oprava gramatických chyb.....	46
Jak předcházet zkreslení	46

Psychometrické vlastnosti DiaGraMo	47
Důkazy o konvergentní a konstruktové validitě	48
Úroveň rozumových schopností.....	48
Fonologické uvědomění.....	49
Vizuální diferenciaci.....	51
Vizuospaciální dovednosti a vizuální pracovní paměť.....	52
Zkouška psaní: Přepis.....	53
Hodnocení kvality produktu	55
Seběposouzení	56
Shrnutí výsledků o konvergentní validitě.....	58
Fonologické uvědomění.....	61
Vizuální percepce	61
Zkouška psaní.....	62
Hodnocení kvality (čitelnost).....	62
Seběposouzení	63
Důkazy o diskriminační validitě	63
Horní smyčky.....	64
Přepis.....	64
Normy a popisné statistiky	65
Standardizační vzorek	65
Normy.....	67
Interpretace	71
Grafický výstup.....	71
Případová studie	72
Poznámky k interpretaci.....	74
Literatura	75

Úvod



Diagnostický software DiaGraMo vznikl v reakci na chybějící diagnostické metody k hodnocení grafomotoriky v praxi. Současné hodnocení poruch grafomotoriky a rukopisu zůstává na expertním posouzení odborníků, které se zakládá na pozorování. V praxi chybí také jednotně stanovená kritéria, která by definovala poruchy grafomotoriky a rukopisu. Speciální pedagogové a psychologové zabývající se diagnostikou specifických poruch učení a konkrétně vývojovou dysgrafií tak postrádají standardizovaný nástroj, o který by se ve svém hodnocení mohli opřít.

Software se zaměřuje na hodnocení výkonu v oblasti grafomotoriky a rukopisu u dětí třetích a čtvrtých ročníků. Je určen odborníkům v oblasti speciální pedagogiky a psychologie ve školních poradenských pracovištích (ŠPP) nebo školních poradenských zařízeních (ŠPZ) jakými jsou pedagogicko-psychologické poradny (PPP) nebo speciálně-pedagogická centra (SPC). Sloužit může všem odborníkům, kteří se zaměřují na diagnostiku potíží s grafomotorikou.

Velkou výhodou je přesně zaměřená diagnostika konkrétních projevů. Z praxe víme, že každé dítě může mít odlišnou sadu projevů, a ty se navíc mohou objevovat v různé míře. Náš přístup proto tyto zkušenosti zohledňuje a představuje škálu, která bere v úvahu variabilitu obtíží i jejich míru.

Děti s obtížemi v rukopisu mohou pociťovat selhání a frustraci. I přesto, že se snaží, jejich rukopis se nemusí zlepšovat. Díky objektivní a konkrétní diagnostice mohou být obtíže těchto dětí nejen správně rozpoznány, ale může jim být lépe nastavena následná péče (reedukace). To se pak dále může promítat do účinnějšího nastavení podpůrných opatření.

Při tvorbě tohoto diagnostického nástroje jsme vycházeli z několika zdrojů. Nesmírně důležitým zdrojem informací pro nás byli lidé ze školní poradenské praxe. Díky nim jsme dokázali lépe pochopit problematiku grafomotorických obtíží v diagnostickém kontextu České republiky. Dalším zdrojem byly zahraniční publikace a výzkumné studie, které popisovaly rozdíly mezi dětmi s obtížemi a intaktními dětmi.

Specifickým zdrojem byl pro nás samotný obor grafomotoriky, který nám přinesl propojení technických možností (přesné měření, grafické tablety) s teoriemi a znalostmi v oblasti speciální pedagogiky, psychologie a psychometrie. DiaGraMo tak nabízí komplexní a ucelený pohled na grafomotorické obtíže u dětí.

Teoretická východiska

Grafomotorika v sobě zahrnuje dovednosti kreslit a psát. Dítě se musí naučit zvládat propojení pohybů ruky, konkrétně zápěstí a prstů s vizuální percepcí. Tato schopnost zahrnuje tvorbu plynulých a koordinovaných kresebných nebo psaných forem, což je důležité pro správnou motorickou expresi kreslení a psaní (Ziviani a Wallen, 2007). Diagnostický software DiaGraMo byl vytvořen pro měření grafomotorických dovedností u dětí. Primárně se však zaměřuje na dovednost psát.

Grafomotorické elementy jsou základními stavebními kameny psacího písma. Jednotlivé grafomotorické elementy mají různou obtížnost a dítě se je učí zvládat postupně (Bednářová a Šmardová, 2021a; Fasnerová, 2018; Meulenbroek a Van Galen, 1986). Existuje řada pracovních sešitů, které pomáhají dětem procvičit elementy ještě v předškolním věku. Děti se tak učí zamotávat klubíčka nebo kreslit šnečí ulity (malé a velké spirály), kreslí mořské vlny (spodní oblouky s vratným tahem, tzv. girlandy) nebo vysoké hory (horní oblouky s vratným tahem, tzv. arkády), kreslí zuby na pile nebo je dokreslují žralokovi (cik-cak čáry), učí včelky létat (horní smyčky). S nástupem do školy by už dítě jednotlivé elementy mělo zvládat. Začíná se klást důraz na přesnost jejich provedení, což později přispívá k čitelnosti jednotlivých písmen a celého textu.

Postupným nácvičkem základních tvarů se dítě učí tahy, ze kterých jsou tvořena jednotlivá písmena. V průběhu školní docházky se je učí spojovat do slov a vět. **Rukopis**, tedy motorická komponenta psaní, se ve škole využívá denně při opisu, přepisu nebo diktátu, a později také při psaní vlastních poznámek. Jedná se o velmi specifický pohyb, který má svoji dynamiku (Ziviani a Wallen, 2007; Vyskotová a Macháčková, 2013). Se zvyšující se obtížností psaných úkolů se klade důraz na rychlost rukopisu, přičemž by měla být zachována čitelnost psaného textu.

Mezi osmým a desátým rokem (přibližně na přelomu třetího a čtvrtého ročníku) dochází k **automatizaci rukopisu**. To znamená, že motorické engramy pro jednotlivé tahy a písmena už nevyžadují tolik pozornosti. Dítě nemusí přemýšlet nad tím, jak vypadá písmeno nebo slovo, které chce napsat (Graham a Harris, 2000; Palmis a kol., 2017). Díky tomu se uvolňuje kapacita pracovní paměti. Dítě se může soustředit lépe na to, co chce napsat, na strukturu, kterou svému textu dá, nebo na to, o čem bude psát (například ve své eseji), než na to, jak má napsat jednotlivá písmena (Berninger a Amtmann, 2003; Olive, 2004; Olive a Passerault, 2012; Rapp a kol., 2016).

Některé děti však mají **obtíže s rozvojem grafomotorických dovedností**. Nedokážou napodobit základní grafomotorické elementy. Jejich tvar, velikost nebo umístění neodpovídají předloze. Jejich linky jsou kostrbaté, často zastavují, nedokážou vést čáru plynulým tahem. V těchto případech je obtížné, aby došlo k automatizaci rukopisu. Rukopis je pomalý, dítě se často zasekává a výsledný text je obtížně čitelný (Jucovičová a Žáčková, 2009; Krejčová a kol., 2018; Šafářová a kol., 2022).

V minulosti by byly tyto děti diagnostikovány se specifickou poruchou učení označenou jako **vývojová dysgrafie**. V zahraničních diagnostických manuálech najdeme Vývojovou poruchu učení s narušením v oblasti písemného projevu (6A03.1; ICD-11; WHO, 2022) nebo Specifickou poruchu učení s narušením v oblasti psaného projevu (315.2; DSM-5; APA, 2022). Tyto manuály však nepřinášejí uspokojivé definice, jelikož se více zaměřují na gramatiku, strukturu textu nebo ideace při psaní. Nezhledňují rukopis, který je základem pro chápání poruchy psaní v českém kontextu diagnostické praxe (Matějček, 2009).

V současné době je legislativně zakotven pojem **žák se speciálními vzdělávacími potřebami** (SVP; § 16 školského zákona o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání, 2024). Zákon rozlišuje tři kategorie žáků na základě jejich postižení či znevýhodnění:

- se zdravotním postižením (tělesným, zrakovým, sluchovým, mentálním, autismem, vadami řeči, souběžným postižením více vadami, vývojovými poruchami učení nebo chování),
- se zdravotním znevýhodněním (zdravotním oslabením, dlouhodobým onemocněním a lehčími zdravotními poruchami vedoucími k poruchám učení a chování),
- se sociálním znevýhodněním (z rodinného prostředí s nízkým sociálně kulturním postavením, ohrožením sociálně patologickými jevy, s nařízenou ústavní výchovou nebo uloženou ochrannou výchovou a žáci v postavení azylantů a účastníků řízení o udělení azylu).

Děti s grafomotorickými obtížemi a vývojovou dysgrafií tedy spadají do první kategorie žáků se zdravotním postižením. **Prevalence** dětí s vývojovými poruchami učení se od roku 2010 do roku 2021 pohybuje mezi 4-5 % dohromady v běžných i speciálních třídách (Veřejné databáze českého statistického úřadu, 2023). Od roku 2016/2017, kdy byla přijata novela školního zákona, jsou do statistik počítáni jenom žáci se závažnými vývojovými poruchami učení.

Žák se speciálními vzdělávacími potřebami potřebuje k dosažení svých vzdělávacích cílů nebo svých práv pro rovnocenné vzdělávání **podpůrná opatření** (PO). I ta jsou definována školským zákonem a vyhláškou č. 27/2016 Sb., o vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a žáků nadaných (2024), a člení se dle rozsahu a obsahu do pěti stupňů ve dvou úrovních:

- I. stupeň podpůrných opatření vždy navrhuje a poskytuje škola,
- II. - V. stupeň navrhuje a metodicky provází v jeho naplňování školské poradenské zařízení.

Cílem podpůrných opatření je dosáhnout optimálního vzdělávacího postupu pro každého žáka, aby se mohl plně rozvíjet v souladu se svými schopnostmi a překonávat případné vývojové či zdravotní bariéry v učení.

Diagnostika grafomotorických obtíží tak může probíhat na dvou úrovních. První úroveň je úroveň školy, kdy je dítě s obtížemi rozpoznáno buď třídním učitelem nebo rodiči. Když je povaha grafomotorických obtíží taková, že stačí upravit pedagogické postupy, k dosažení vzdělávacích cílů je dítě zařazeno do prvního stupně PO. Pokud po třech měsících nedochází ke zlepšení nebo naopak grafomotorické obtíže se ještě zhoršují, pak škola doporučuje zákonnému zástupci návštěvu školního poradenského

zařízení (nejčastěji PPP, ale může také SPC), kde probíhá druhá úroveň diagnostiky pro PO druhého až pátého stupně. Více informací o problematice Podpůrných opatření nabízí stránky MŠMT ([zde](#)).

V české poradenské praxi se k diagnostice specifických poruch učení používá nejčastěji Diagnostická baterie specifických poruch učení (DIB, Bednářová a kol., 2015), Diagnostika specifických poruch učení (Novák, 2002), Diagnostika specifických poruch učení u adolescentů a dospělých (Cimlerová a kol., 2007) nebo Baterie diagnostických testů gramotnostních dovedností pro žáky 2. až 5. ročníků a pro žáky 6. a 9. ročníků základní školy (BDTG I. a II.; Caravolas a Volín, 2005, 2018).

Zmíněné testové baterie jsou komplexní a často obsahují testy čtení, testy psaní (diagnostický přepis a diktát) a dále testy dílčích funkcí jakými jsou například fonologické uvědomění nebo vizuální diference. Na základě deficitu v jedné nebo vícero oblastech je pak možné uvažovat o konkrétní specifické poruše učení. Mezi další testy, které se používají k hodnocení úrovně pracovní paměti a vizuomotoriky, se řadí také Rey-Osterriethova komplexní figura (Košč a Novák, 1997), Bender-Gestalt test (Vágnerová a Strnadová, 1974) nebo Test obkreslování (Matějček a Vágnerová, 1992).

V zahraničí existují dotazníky, které hodnotí kvalitu psaného projevu, tzn. jak písmo vypadá, a jeho kvantitu, tedy jak rychle byl text napsán. Mezi nejznámější patří například Posuzovací škála pro hodnocení dětského rukopisu (BHK; Hamstra-Bletz a kol., 1987), Minnesotský test pro hodnocení rukopisu (MHT: Reisman, MHT: 1991; 1993; MHA: 1999) nebo Škála čitelnosti rukopisu (HLS; Barnett a kol., 2018; Prunty a Barnett, 2017). Podrobný přehled jednotlivých diagnostických testů nabízí publikace Šafářové a kolegů (2022; [zde](#)).

Grafonomika je interdisciplinární obor, který se zabývá vědeckou analýzou psaní, včetně procesu a produktu psaní a dalších grafomotorických dovedností (Van Gemmert a Teulings, 2006). Nejde však o grafologii, která se snaží popsat projekci osobnosti a dalších psychických funkcí v ručně psaném písmě, jejíž hypotézy se opakovaně nedaří podpořit (Dazzi a Pedrabissi, 2009; Furnham a kol., 2003; Neter a Ben-Shakar, 1989; Příhoda, 1941). Tím se grafologie řadí spíše mezi pseudovědecké obory.

Oproti grafologii má grafonomika široké uplatnění v různých oblastech, jako jsou forenzní zkoumání rukopisu, rozpoznávání rukopisu, neurovědy, paleografie, umělá inteligence a další. V praxi se grafonomika používá k analýze psaní, včetně procesu a produktu psaní a dalších grafomotorických dovedností. Například v oblasti forenzního zkoumání rukopisu se grafonomika používá k identifikaci autorů rukopisů, přičemž se zkoumají různé prvky psaní, jako je tlak, úhel a tvar písmen. V oblasti neurověd se grafonomika používá k analýze pohybu psaní a jeho vztahu k mozkové činnosti. V oblasti rozpoznávání rukopisu se grafonomika používá k vývoji algoritmů pro rozpoznávání rukopisu (Asselborn a kol., 2018; Drotár a Dobeš, 2020).

Grafické tablety (např od firmy Wacom nebo Apple) nám umožňují zaznamenat proces psaní a pomocí matematických modelů vytvořit odpovídající parametry. **Parametrem** rozumíme proměnnou (naměřenou fyzikální veličinu) zaznamenanou prostřednictvím speciálního softwaru a tabletu, která popisuje určitou vlastnost psaní nebo kreslení. Například můžeme mluvit o tom, jak dlouho trvá něco napsat (ve vteřinách), nebo o délce jednoho tahu (v milimetrech). Parametr je tedy číselným vyjádřením chování dítěte při psaní (Šafářová a kol., 2022).

V oblasti grafonomiky existují studie, které **vytváří a definují parametry** (Danna a kol., 2013; De Stefano a kol., 2019; Duval a kol., 2015; Impedovo a Pirlo, 2018; Paz-Villagrán a kol., 2014; San Luciano a kol., 2016; Vessio, 2019) a zkoumají **vztahy mezi parametry a projevy psaní** jak u intaktních dětí,

tak u dětí s grafomotorickými obtížemi. I když v současné době existují studie, které používají postupy strojového učení (machine learning) k rozpoznání písma u dětí s poruchami grafomotoriky (např. Asselborn a kol., 2018; Drotár a Dobeš, 2020; Rosenblum a kol., 2006), žádná z nich nepředstavuje ucelenou diagnostickou metodu.

Tato kapitola nabízí základní přehled teoretických východisek pro naši práci i pro tuto diagnostickou metodu. Podrobný přehled teorií psaní, vývoje grafomotoriky, shrnutí výzkumných studií, které se věnují parametrům a jejich vztahu k projevům vývojové dysgrafie, nebo technickou přípravu škály GHDRS, která se stala základem diagnostického nástroje DiaGraMo, najdou uživatelé tohoto manuálu v knize Grafomotorické dovednosti: Nové přístupy k diagnostice (Šafářová a kol., 2022).

Vývoj DiaGraMo

Vývoj škály GHDRS

V předešlém projektu *Výzkum pokročilých metod diagnózy a hodnocení vývojové dysgrafie založených na kvantitativní analýze online písma a kresby* (GAČR: 18-16835S) jsme se zabývali analýzou parametrů online písma v rámci kreslení grafomotorických elementů a rukopisu. Vznikla *Škála pro hodnocení poruch grafomotoriky a rukopisu* (Graphomotor and Handwriting Disability Rating Scale, GHDRS). Vznik této škály a její psychometrické vlastnosti popisuje výzkumný článek GHDRS (Mekyska a kol., 2024) a kniha *Grafomotorické dovednosti: Nové přístupy v diagnostice* (Šafářová a kol., 2022).

GHDRS kvantifikuje behaviorální projevy dětí v průběhu kreslení grafomotorického elementu horní smyčky a psaní přepisu. V rámci projektu byly do testovací sady zařazeny i další elementy (např. spirály, cik-cak čáry nebo spojitě smyčky) a diktát. Úkoly byly vybrány dle jejich vývojové křivky a výsledky odpovídaly lineárnímu vývoji od posledního ročníku mateřských škol až po čtvrtý ročník ZŠ. Škála je tvořena čtyřmi globálními skóry:

- G1 - kinematické schopnosti (horní smyčky),
- G2 - kinematické schopnosti (rukopis),
- G3 - vizuoprostorové a kognitivní schopnosti (rukopis),
- G4 - prostorové schopnosti (horní smyčky).

První dva globální skóry hodnotí proces rukopisu/kreslení, další dva pak převážně samotný produkt. Jednotlivé parametry spadající do těchto čtyř globálních skórů jsou znázorněny na **Obrázku 1**.

Takto vytvořená škála GHDRS slouží jako inspirace a základ pro nově vytvořený diagnostický software DiaGraMo.

Nástroj DiaGraMo

V novém projektu *Software pro pokročilou diagnostiku grafomotorických obtíží* (TAČR: TL03000287), ve kterém jsme se poznatky z předchozích výzkumů rozhodli převést do praxe, jsme se v prvním kroku obrátili na odborníky z praxe. Provedli jsme polostrukturované rozhovory se speciálními pedagogy z různých krajů. Cílem těchto rozhovorů bylo podchycení variability diagnostického procesu specifických poruch učení s konkrétním zaměřením na grafomotorické obtíže a dysgrafii a zároveň identifikace potřeb

Obrázek 1

Manifestace GHDRS spadající do čtyř globálních skórů



odborníků z praxe. Přepisy rozhovorů byly analyzovány Tematickou analýzou. Jedním z výsledků byla akcentována variabilita v diagnostice grafomotorických obtíží způsobená chybějícími diagnostickými kritérii, rozmanitostí diagnostických metod a subjektivitou v procesu hodnocení dětí s obtížemi v psaní. Tento výsledek podpořil snahu o tvorbu chybějícího objektivního nástroje pro diagnostiku poruch psaní.

Poté byli speciální pedagogové osloveni ještě jednou, přičemž jim byly prezentovány potenciální možnosti nově vznikajícího diagnostického softwaru. Speciální pedagogové sdíleli v rámci skupinové diskuze svoje návrhy a nápady týkající se funkcionalit a použití softwaru. Byly vzneseny následující požadavky/připomínky:

- není potřeba vizualizovat čas doby psaní během akvizice,
- bylo by vhodné redukovat celkový počet úloh,
- není potřeba vizualizovat každý parametr zvlášť v grafu,
- na závěr by bylo vhodné vygenerovat report v PDF místo více voleb výstupu,
- před akvizicí by bylo vhodné prostředí adaptace bez možnosti uložení dat,
- vícero drobných připomínek k designu.

Tyto cenné připomínky byly zaznamenány a zapracovány do procesu tvorby DiaGraMo.

Oproti prvnímu projektu jsme rozšířili testovou baterii. Dítě kreslilo sedm grafomotorických elementů se zadáním zaměřeným na rychlost provedení a tři elementy se zadáním na přesnost provedení. Opět jsme do testové baterie zařadili přepis a diktát s rozdílnými texty pro třetí a čtvrtý ročník. Jednotlivé validizační nástroje jsou detailně popsány v kapitole Psychometrické vlastnosti DiaGraMo. Oproti původnímu projektu byl rozdílný i výběr vzorku a rozložení vzorku (viz podkapitola Standardizační vzorek).

Výběr testových úkolů

Následující kroky vedly k rozhodnutí, které z vybraných grafomotorických elementů a zkoušek rukopisu (přepis a diktát) budou zařazeny do administrace v diagnostickém softwaru DiaGraMo. V předešlé škále GHDRS jsme zvolili horní smyčky a přepis, které lépe predikovaly data vzhledem k vývojovému trendu. To znamená, že jsme pozorovali, zda se s vyšším ročníkem dané parametry zlepšují. K rozhodování nám sloužilo několik zdrojů a s nimi souvisejících analýz.

Prvním zdrojem byly předešlé výsledky ze škály GHDRS, kdy jsme použili grafomotorický element horní smyčky a přepis. Zde se nabízela možnost provedení konfirmační faktorové analýzy a potvrzení rozložení parametrů on-line písma dle předchozího modelu navrženého v GHDRS. Zkreslení však mohlo přinést odlišnost zadání, kdy u GHDRS kreslily děti smyčky v podmínce úhlednosti/přesnosti (*Nakresli obrázek, jak nejlépe umíš*), zatímco v projektu DiaGraMo byly smyčky administrovány jenom v podmínce rychlosti (*Nakresli obrázek, jak nejrychleji umíš*). Podobně se i podnětové texty výrazně lišily od původního zadání v GHDRS. V novém projektu DiaGraMo jsme pro přepis použili Diagnostiku schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní (DIB; Bednářová a kol., 2015) a pro diktát jsme použili diagnostickou baterii BACH: Testy školních dovedností (Bednářová a kol., 2023). Jelikož bylo zadání pro třetí a čtvrtý ročník odlišné a vzorek u obou skupin nebyl dostatečně velký, nebyla provedena konfirmační analýza a dále jsme pracovali jenom s jednotlivými parametry.

Druhou možností by bylo provedení série logistických regresních analýz, ve kterých by jako prediktory sloužila hodnocení provedení grafomotorických elementů a hodnocení provedení přepisu a diktátů a závislou proměnnou by byla příslušnost ke skupině. Hodnocení kvality provedení výsledného produktu kresby (grafomotorických elementů) a rukopisu (přepis a diktát) je blíže popsáno v kapitole Psychometrické vlastnosti DiaGraMo, konkrétně v podkapitole Hodnocení kvality produktu. Jednotlivé grafomotorické elementy byly hodnoceny s pomocí námi vytvořené škály (Bednářová a Šmardová, 2021b; Vlčková a Poláková, 2014) a psaný projev byl hodnocen s pomocí krátké screeningové Škály čitelnosti rukopisu (HLS, Barnett a kol., 2018; Čunek a kol., 2023).

Rozhodli jsme se provést obě varianty, provedli jsme konfirmační faktorovou analýzu pro cvičení horních smyček a regresní analýzy jak pro grafomotorické elementy, tak pro zkoušky rukopisu (přepis a diktát). V neposlední řadě nám k rozhodnutí pomohl také odhad reliability přepisu a diktátu formou shody posuzovatelů.

Konfirmační faktorová analýza: Horní smyčky

U konfirmační faktorové analýzy pro grafomotorický element horní smyčky jsme pracovali s rozložením faktorů, které kopírovalo výsledky analýzy hlavních komponent (GHDRS; Mekyska a kol., 2024). V této analýze byly parametry popisující pohyb při kresbě smyček rozděleny do dvou faktorů: (1) Kinematické schopnosti (KS) a (2) Prostorové schopnosti (PS). První faktor (KS) sytil parametry popisující *neplynulý pohyb pera*, *nízké zrychlení*, *nízkou rychlost* a *nestabilní náklon pera*. Druhý faktor (PS) sytil parametry *neschopnost udržet smyčky v rovině spodní linky*, *nestabilní výška smyček* a *nestabilní rozestupy mezi smyčkami* (viz také kapitola Vývoj škály GHDRS). K odhadu dvoufaktorového modelu jsme použili metodu maximální věrohodnosti s robustními standardními chybami. Protože se jednotlivé parametry pohybují na různých škálách s extrémně odlišným rozptylem, použití hrubých skóru by v tomto případě znesnadnilo odhad modelu. Z toho důvodu byly veškeré parametry převedeny na robustní z-skór s využitím mediánové absolutní odchylky.

Dvoufaktorový model pro smyčky vykázal uspokojivou shodu s daty (škálované $\chi^2 = 31,44$, $df = 13$, $p = 0,003$, RMSEA = 0,08, 95% CI [0,044; 0,116], SRMR = 0,066, CFI = 0,976, TLI = 0,961), avšak je třeba upozornit na hraniční hodnotu RMSEA a zejména na hodnotu horního intervalu spolehlivosti, který překračuje tradičně užívanou hranici signalizující adekvátní shodu modelu s daty 0,08. Hodnoty ukazatelů inkrementálních indexů shody CFI a TLI indikují přesvědčivou preferenci dvoufaktorového modelu nad modelem nulovým. Velikost SRMR, ačkoliv se nachází v mezích akceptovatelné shody modelu s daty, signalizuje přítomnost vyšších reziduálních korelací. Pro bližší inspekci diskrepance mezi modelem a daty jsme porovnali pozorovanou korelační matici s korelační maticí implikovanou modelem. Rozdíly mezi těmito maticemi $> |.1|$ jsme vizuálně zobrazili prostřednictvím tzv. trychtýřového grafu (angl. hopper graph; **Obrázek 2**).

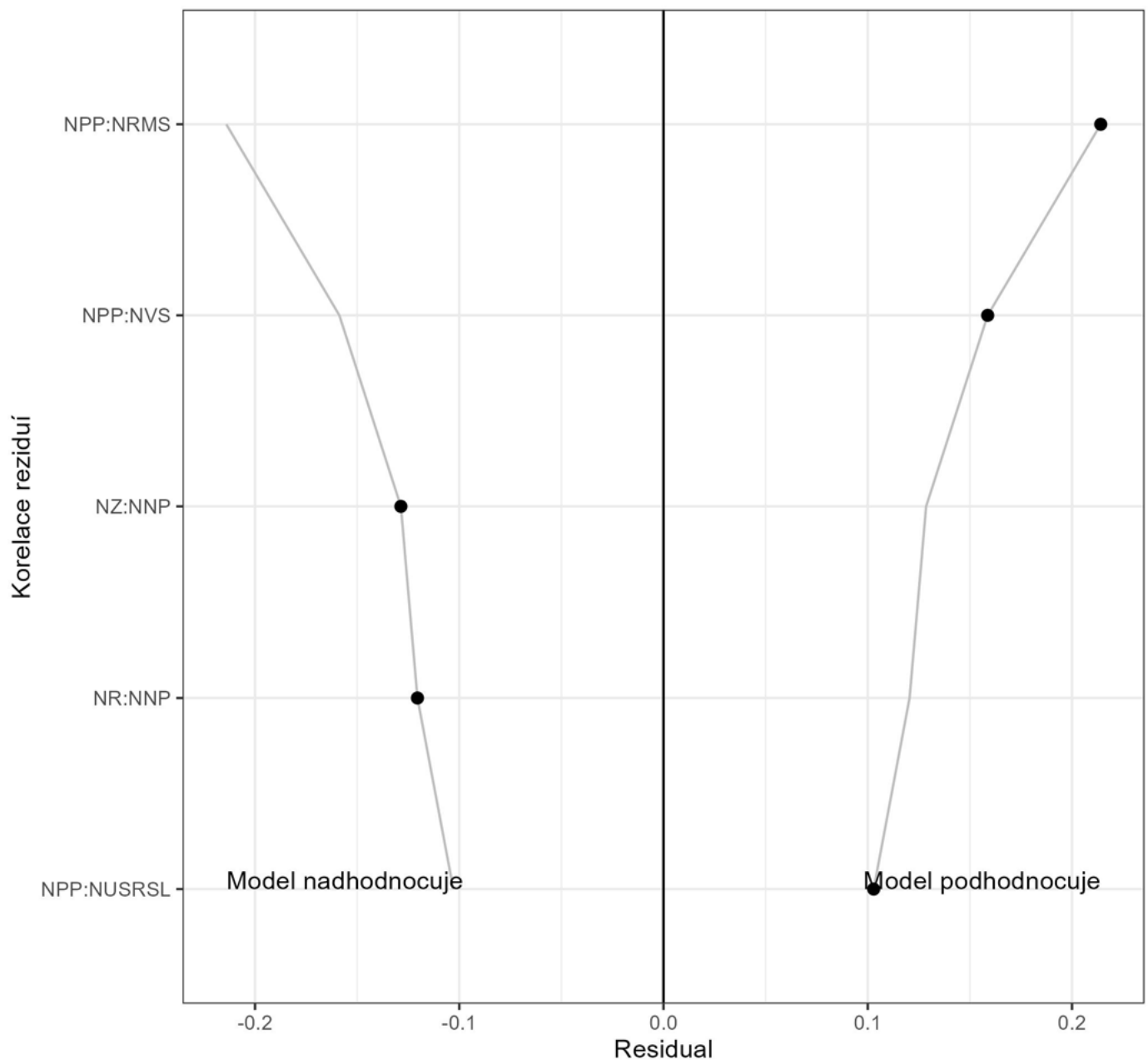
Z grafu je patrná přítomnost vysoké korelace reziduí ($r_r = 0,21$) parametru *neplynulý pohyb pera* a *nestabilní rozestupy mezi smyčkami*. Vyšší korelace reziduí byla nalezena také opět mezi parametrem *neplynulý pohyb pera* a *nestabilní výška smyček* ($r_r = 0,16$). V obou těchto případech byla korelace vyšší v pozorované korelační matici než v modelem navržené korelační matici. Na druhou stranu, současný model např. nadhodnocuje vztah mezi *nízkým zrychlením* a *nestabilním náklonem pera* ($r_r = -0,13$).

Na **Obrázku 3** jsou na diagonále zobrazena rozložení reziduí jednotlivých proměnných, které s výjimkou parametru *nestabilní náklon pera* mají přibližně normální rozdělení. Nad diagonálou se nachází tzv. “trail grafy” zachycující modrou linií regresní přímku z pozorovaných dat. Červená linie je modelem implikovaný sklon (slope) vztahu mezi dvěma manifestními proměnnými (parametry horních smyček). Větší odchylky můžeme pozorovat např. ve vztahu parametrů *nestabilní náklon pera* a *nízká rychlost*, případně mezi parametry *nízká rychlost* a *nestabilní výška smyček*, přičemž v prvním případě je vztah mezi oběma parametry modelem nadhodnocen, v druhém případě je podhodnocen. Při bližší inspekci vidíme, že ačkoliv v některých případech modelem implikovaný sklon mezi proměnnými neleží přímo na regresní přímce, nachází se však stále v intervalu (šedá zóna) naznačujícím nejistotu odhadu regresní přímky.

Pod diagonálou je prostor věnován tzv. “disturbance – dependence grafům”. V jejich případě očekáváme, že po extrakci vztahu implikovaného modelem z pozorovaných dat nezbyde mezi párem proměnných žádný vztah. V tom případě by neexistující přítomnost zbytkového vztahu měla mít nulový sklon,

Obrázek 2

Trychtýřový (hopper) graf pro parametry horních smyček

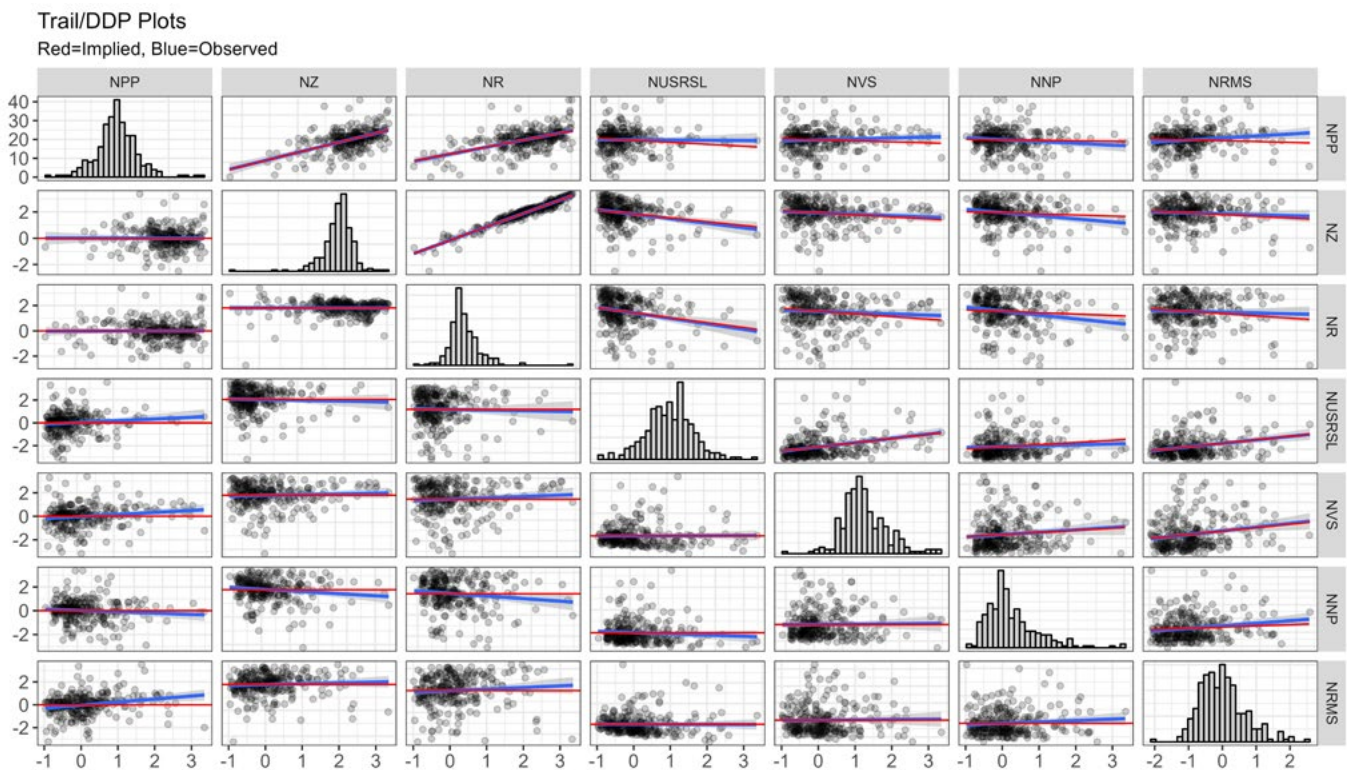


Pozn.: NPP = neplynulý pohyb pera; NRMS = nestabilní rozestupy mezi smyčkami; NVS = nestabilní výška smyček; NZ = nízké zrychlení; NR = nízká rychlost; NNP = nestabilní náklon pera; NUSRSL = neschopnost udržet smyčky v rovině spodní linky.

tak jak je zobrazen v grafu červenou linií. Zbytkový vztah pozorovaných proměnných je zobrazen regresní přímkou, která má v grafu modrou barvu. Leží-li tato přímkka na červené linii, veškerý vztah mezi danými proměnnými je zachycen modelem. V grafu jsou přítomny jisté diskrepance mezi očekávaným nulovým vztahem a regresní přímkou (např. mezi parametry *neplynulý pohyb pera* a *neschopnost udržet smyčky v rovině spodní linky*), ale stejně jako v případě trail grafů, očekávaný nulový vztah nepřekračuje oblast s vysokou nejistotou odhadu. Na základě bližší inspekce modelu jsme sice odhalili několik diskrepancí mezi daty a modelem, nicméně tyto diskrepance nejsou tak závažné, aby bylo třeba dvoufaktorový model reformulovat.

Obrázek 3

Trail grafy a disturbance-dependence grafy pro vztahy mezi parametry



Regresní analýza: Grafomotorické elementy

Pro zjištění, který z elementů je nejvhodnější pro posouzení grafomotorických obtíží, jsme provedli sérii logistických regresí. Jako prediktory byly zvoleny součtové skóre získané hodnocením jednotlivých elementů. Predikovanou proměnnou byla příslušnost dítěte k diagnostické skupině (0 = intaktní dítě; 1 = dítě s diagnostikovanými obtížemi v rukopisu). Výsledky analýz vnitřní konzistence (viz podkapitola Hodnocení kvality produktu) ukázaly na vyšší vnitřní konzistenci hodnocení u elementů v podmínce rychlosti (tj. nakresli element, jak nejrychleji umíš; $\omega = 0,73$), než u elementů v podmínce přesnosti (tj., nakresli element, jak nejlépe umíš; $\omega = 0,53$). Proto jsme se rozhodli dále pokračovat jenom s elementy v podmínce rychlosti.

Porovnávali jsme výstupy z osmi regresních modelů: (1) společný regresní model, ve kterém byly jako prediktory všechny grafomotorické elementy (SM), (2) regresní model s prediktorem velká spirála (VS), (3) regresní model s prediktorem malá spirála (MS), (4) regresní model s prediktorem cik-cak čára (CC), (5) regresní model s prediktorem horní smyčky (HS), (6) regresní model s prediktorem spodní smyčky (SS), (7) regresní model s prediktorem arkáda (A), a nakonec (8) regresní model s prediktorem kombinované smyčky (KS).

Tabulka 1 srovnává regresní modely provedené pro jednotlivé grafomotorické elementy. Uvedené indexy vypovídají o míře, jak data odpovídají navrženým regresním modelům. Výsledky **chí-kvadrátových** testů vychází signifikantně pro všechny elementy, až na velkou spirálu a malou spirálu, kde se pohybují na hraně statistické významnosti. Hodnoty v políčkách **AIC** (Akaike Information Criteria) a **BIC** (Bayesian Information Criteria) udávají informaci pro lepší shodu modelu s daty u té hypotézy, kde je tato hodnota nižší. Hodnoty AIC jsou nižší v případě všech alternativních hypotéz (H1). Naopak

u BIC vidíme vyšší hodnoty u alternativních hypotéz (H1) pro velkou a malou spirálu. Z těchto prvních výsledků jsme usoudili, že spirály nejsou vhodné pro zařazení do diagnostického softwaru DiaGraMo.

Dalším indexem v tabulce je **McFaddenovo R**, jehož hodnoty by se měly pohybovat v rozmezí 0,2 až 0,4. Ani jeden element však nespĺňuje toto kritérium. Nejblíže je mu celkový model všech elementů s hodnotou 0,16 a model s cik-cak čárou s hodnotou 0,12. **Poměr šancí** (Odds ratio) lze interpretovat tak, že pokud je jeho hodnota vyšší než 1, je vztah mezi oběma proměnnými kladný, a naopak, menší číslo než 1 indikuje záporný vztah. U všech elementů lze tedy říct, že nižší hodnocení elementu (horší projev) souvisí s grafomotorickými obtížemi (skupina označena jako 1).

Hodnoty následujících indexů: **přesnost predikce, AUC** (Area Under ROC Curve; srovnání klasifikačních modelů), **senzitivita** (% dětí, které byly správně predikovány jako dysgrafické; true positives) a **specifická** (% dětí, které byly správně predikovány jako intaktní; true negatives); se pohybují v rozmezí od 0 po 1 a lze je chápat také jako procenta. Například přesnost 0,71 u celkového modelu nám říká, že model dokáže predikovat příslušnost ke skupině se 71% přesností. Tyto hodnoty by se měly pohybovat nad hodnotou 0,7. Nejlépe z tohoto srovnání vychází celkový model se všemi hodnocenými elementy. Z elementů dosahuje částečně dobré výsledky cik-cak čára.

Poslední index zobrazený v tabulce je **F-skór**, který nabývá hodnot od 0 do 1, přičemž vyšší číslo znamená lepší přesnost predikce. Všechny elementy mají dostatečnou schopnost identifikovat děti ve vzorku. Nejlépe je na tom opět celkový model, který správně identifikuje 75 % dětí, a za ním následuje cik-cak čára s 74% přesností predikce.

Tabulka 1

Indexy pro posouzení vhodnosti regresních modelů jednotlivých grafomotorických elementů v podmínce rychlosti

Index	SM	VS	MS	CC	HS	SS	A	KS
X ² (df)	58,08 (258)	3,77 (268)	4,01 (268)	44,76 (278)	15,66 (266)	22,02 (267)	15,57 (266)	19,83 (278)
p-hodnota	3,64 × 10 ⁻¹⁰	0,05	0,04	2,23 × 10 ⁻¹¹	7,59 × 10 ⁻⁵	2,70 × 10 ⁻⁶	7,94 × 10 ⁻⁶	8,48 × 10 ⁻⁶
AIC: H0	365,31	370,35	370,35	370,35	367,53	369,24	368,12	370,35
AIC: H1	321,23	368,58	368,3	327,6	353,88	349,22	354,55	352,53
BIC: H0	368,89	373,95	373,95	373,95	371,13	372,83	371,71	373,95
BIC: H1	349,89	375,78	375,5	334,79	361,06	356,41	361,73	359,72
McFadden R ²	0,16	0,01	0,01	0,12	0,04	0,06	0,04	0,05
Poměr šancí	**	0,84; p = 0,06	0,83; p = 0,05	0,52; p = 1,96 × 10 ⁻⁹	0,72; p = 1,38 × 10 ⁻⁴	0,73; p = 6,45 × 10 ⁻⁶	0,71; p = 1,56 × 10 ⁻⁴	0,72; p = 2,18 × 10 ⁻⁵
Přesnost predikce	0,71	0,58	0,57	0,68	0,61	0,62	0,63	0,63
AUC	0,76	0,57	0,57	0,73	0,64	0,66	0,64	0,65
Senzitivita	0,78	0,85	0,85	0,80	0,84	0,81	0,69	0,74
Specifická	0,61	0,21	0,19	0,51	0,30	0,37	0,56	0,48
F-skór	0,75	0,70	0,70	0,74	0,71	0,71	0,68	0,70

Pozn.: ** Velká spirála (VS) = 1,07 (p = 0,58); Malá spirála (MS) = 1,03 (p = 0,80); Cik-cak čára (CC) = 0,60 (p = 1,54 × 10⁻⁵); Horní smyčky (HS) = 0,91 (p = 0,37); Spodní smyčky (SS) = 0,87 (p = 0,10); Arkáda (A) = 0,86 (p = 0,16); Kombinované smyčky (KS) = 0,87 (p = 0,12);

Regresní analýza: Přepis a Diktát

K rozhodnutí, který z úkolů (přepis nebo diktát) je vhodnější pro posouzení obtíží v psaném projevu, opět posloužila série logistických regresí. Podobně jako v předešlé kapitole byla redukovanou proměnou příslušnost dítěte k diagnostické skupině (0 = intaktní dítě; 1 = dítě s diagnostikovanými obtížemi v rukopisu). Jako prediktory byla zvolena hodnocení s pomocí Škály čitelnosti rukopisu (HLS, Barnett a kol., 2018; více viz podkapitola Hodnocení kvality produktu).

Porovnávali jsme tři modely: (1) regresní model, ve kterém byly prediktory diktát i přepis najednou, (2) regresní model s prediktorem pro diktát a (3) regresní model s prediktorem pro přepis. **Tabulka 2** srovnává všechny analyzované regresní modely. V ní uvedené indexy vypovídají o míře, s jakou data vyhovují regresním modelům. Shrnutí celkového modelu pro přepis a diktát dohromady vychází ve prospěch alternativní hypotézy a naznačuje statisticky významný vztah mezi příslušností ke skupině a oběma prediktory (diktát a přepis). Pro posouzení statistické významnosti u jednotlivých prediktorů jsme použili Wald test, který vychází ve prospěch přepisu ($W(1) = 26,88$; $p = 2,17 \times 10^{-7}$) oproti diktátu ($W(1) = 1,71$; $p = 0,19$).

V předcházejícím textu zabývajícím se sérií logistických regresí pro predikci členství v diagnostické skupině na základě hodnocení grafomotorických elementů jsme popsali vysvětlení pro jednotlivé indexy hodnotící dobrou shodu modelu s daty. Zde proto už jen vyhodnotíme výsledky. U všech modelů vyšel statisticky významný vztah (**chí-kvadrát**) mezi příslušností ke skupině a hodnocením výsledného textu. Hodnoty **AIC** a **BIC** jsou v případě všech alternativních hypotéz (H1) nižší, což naznačuje dobrou shodu modelu s daty u všech modelů. Na základě hodnot **McFaddenova R** můžeme tvrdit, že datům lépe odpovídá model s přepisem. **Poměr šancí** (odds ratio) je u všech modelů vyšší než 1, tudíž je vztah mezi oběma proměnnými pozitivní. Výjimku tvoří jenom diktát ve společném modelu. Platí tedy, že vyšší hodnocení HLS (horší projev) lépe predikuje děti s obtížemi v rukopisu.

Přesnost predikce, srovnání klasifikačních modelů (**AUC**; Area Under ROC Curve), **senzitivita** (% dětí, které byly správně predikovány jako dysgrafické; true positives) a **specifická** (% dětí, které byly správně predikovány jako intaktní; true negatives) ukazují, že přepis je přesnějším diagnostickým nástrojem pro určování obtíží v rukopisu. Na základě **F-skóru** lze konstatovat, že přepis správně identifikuje 76 % dětí na rozdíl od diktátu, který jich identifikuje 71 %.

Tabulka 2

Indexy pro posouzení vhodnosti regresních modelů diktátu a přepisu

Index	Diktát + Přepis	Diktát	Přepis
X^2 (df)	50,79 (256)	18,55 (257)	52,45 (265)
p-hodnota	$9,33 \times 10^{-12}$	$1,66 \times 10^{-5}$	$4,42 \times 10^{-13}$
AIC: H0	355,75	355,75	366,99
AIC: H1	308,95	339,20	316,55
BIC: H0	359,30	359,30	370,58
BIC: H1	319,62	346,31	323,72
McFadden R ²	0,14	0,05	0,14

Index	Diktát + Přepis	Diktát	Přepis
Poměr šancí	D: 0,94/P: 1,31	1,14	1,26
Přesnost predikce	0,73	0,63	0,73
AUC	0,76	0,65	0,76
Senzitivita	0,78	0,79	0,78
Specifická	0,67	0,42	0,66
F-skór	0,77	0,71	0,76

Shoda posuzovatelů: Přepis a Diktát

Nakonec popíšeme analýzu shody posuzovatelů pro jednotlivé zkoušky psaní (přepis a diktát). Texty všech dětí byly hodnoceny čtyřmi nezávislými posuzovateli (P1-P4) na základě předloženého skórovacího manuálu. Posuzovaný dataset pro každého posuzovatele obsahoval unikátní část data setu a sdílenou část data setu. Posuzovatelé hodnotili celkem 13 položek, které jsou shodné pro obě zkoušky psaní. Dvanáct položek představuje hodnocení specifických chyb (např. dodržování hranic slov, vklad samohlásek, sykavková asimilace) a jedna položka hodnotí gramatické chyby. U přepisu se hodnotil text jako celek a u diktátu se vyhodnocoval text ve dvou oddělených blocích. Dle manuálu BACH je chybovost v diktátech způsobená jedním latentním rysem, což umožňuje vytvoření sumativního skóru. S jednotlivými chybami tak autoři nepracují, i když je v manuálu ponechávají kvůli možnosti kvalitativního posouzení.

Pro výpočet shody na sumativních skórech jsme použili koeficient vnitrotřídní korelace (intra-class correlation; ICC(2,1)) s dvoufaktorovou analýzou náhodných efektů s absolutní shodou a jednotným hodnotitelem/měření (two-way random effects, absolute agreement, single rater/measurement). U koeficientů v rozmezí od 0,75 do 0,90 můžeme mluvit o dobré shodě a u hodnot nad 0,90 mluvíme o excelentní shodě a tudíž prokázané reliabilitě posuzování. Výsledky pro přepis a diktát jsou zobrazeny v **Tabulce 3**, respektive v **Tabulce 4**. První řádek ukazuje shodu mezi třemi posuzovateli (P1-P3) a další tři řádky ukazují hodnoty shody pro jednotlivé dvojice posuzovatelů mezi sebou. Tito posuzovatelé hodnotili 32 stejných dětí. Poslední řádek ukazuje na shodu mezi posuzovateli P1 a P4, kteří hodnotili odlišný dataset tvořený 20 dětmi. Z výsledků uvedených v tabulkách 3 a 4 vyplývá vyšší shoda u přepisu mezi všemi posuzovateli (P1 až P3) a vyšší shoda u diktátu mezi posuzovateli 2 a 3 a 1 a 4.

Tabulka 3

Shoda posuzovatelů na úrovni sumativních skóru pro přepis

Posuzovatel	Bodový odhad	Spodní 95% CI	Horní 95% CI
P1, P2, P3	0,908	0,842	0,951
P1, P2	0,950	0,821	0,980
P1, P3	0,866	0,748	0,931
P2, P3	0,902	0,811	0,950
P1, P4	0,924	0,820	0,969

Tabulka 4

Shoda posuzovatelů na úrovni sumativních skóreů pro diktát

Posuzovatel	Bodový odhad	Spodní 95% CI	Horní 95% CI
P1, P2, P3	0,886	0,808	0,938
P1, P2	0,847	0,712	0,922
P1, P3	0,835	0,692	0,916
P2, P3	0,978	0,956	0,989
P1, P4	0,972	0,931	0,989

Finální výběr testových úkolů

V této podkapitole shrneme výsledky předešlých analýz s cílem vysvětlit naše finální rozhodnutí pro použití přepisu jako nejvhodnějšího úkolu pro diagnostiku obtíží se psaním. Připomeneme zdroje našeho rozhodování. Jedním z nich bylo ověření původního modelu založeného na škále GHDRS (Mekyska a kol., 2024) s pomocí konfirmační faktorové analýzy pro úkol horní smyčky. Druhým zdrojem byla predikce diagnostikovaných obtíží s pomocí odborníkem hodnocených grafomotorických elementů a psaných úkolů (přepis a diktát). V závěru jsme ještě zvážili shodu posuzovatelů u přepisu a diktátu a srovnali tyto výsledky.

Nejdříve, s ohledem na škálu GHDRS, se nabízela možnost, že součástí DiaGraMo by mělo být zadání úkolů horní smyčky a přepis. Jednotlivé indexy posuzující shodu mezi modelem a daty (model fit) podporovaly existenci dvoufaktorové struktury u horních smyček.

Na základě výsledků regresních analýz u grafomotorických elementů (viz **Tabulka 1**) se jako nejlepší model pro posouzení grafomotorických obtíží ukázal společný model zahrnující všechny grafomotorické elementy, nebo model, ve kterém byla prediktorem cik-cak čára. U výsledků cvičení odhadujících rukopis byl vhodným modelem společný model diktátu a přepisu nebo model s prediktorem přepisu (viz **Tabulka 2**). Shoda všech posuzovatelů u chybovosti byla vyšší u přepisu než u diktátu.

Tyto výsledky tedy nepodpořily vhodnost použití horních smyček v diagnostickém softwaru DiaGraMo. Vnímáme zde však několik omezení, které se týkají převážně odchylek od předešlého projektu. Nejvýraznějším omezením je odlišnost zadání zmíněná v úvodu kapitoly Výběr testových úkolů. Předpokládáme, že zadání požadující rychlost smazává rozdíly mezi dětmi bez obtíží a dětmi s obtížemi a úkol tak nepřináší data rozlišující dobře mezi těmito skupinami (viz kapitola Důkazy o diskriminační validitě, podkapitola Horní smyčky). Další odlišností byl způsob hodnocení grafomotorických elementů. U škály GHDRS byly elementy hodnoceny na škále od 0 do 4. Pro účely validizace DiaGraMo byly vytvořeny součtové skóreů ze sedmi položek (viz kapitola Hodnocení kvality produktu).

V rámci explorační studie jsme se rozhodli ověřit schopnost predikce grafomotorických obtíží u dalších dvou grafomotorických elementů s použitím algoritmu náhodného lesa (random forest). Zvolili jsme cik-cak čáru, která se ukázala jako nejlepší prediktor v rámci regresních modelů, a spodní smyčky, které byly administrovány v podmínce přesnosti a připomíná element horní smyčky.

Model pro cik-cak čáru byl rozdělen v poměru 80:20 na trénovací a testovací dataset. Jednotlivé prediktory tvořilo sedm parametrů, které měly odhadovat příslušnost k diagnostické skupině (0 = intaktní dítě; 1 = dítě s obtížemi v psaní). Celková přesnost odhadu dětí s obtížemi byla u trénovacího datasetu 53,7 %. Celková přesnost na testovacích datech byla 54,72 %. Senzitivita tohoto modelu byla 61,2 % a specifická 45,45 %. U elementu spodní smyčky byly výsledky podobné. Celková přesnost odhadu dětí s obtížemi byla u trénovacího datasetu 61,92 %. Celková přesnost na testovacích datech byla 57,69 %. Senzitivita tohoto modelu byla 73,33 % a specifická 36,36 %.

Jelikož nemůžeme v takto nastavených podmínkách a na současných datech potvrdit diagnostickou přesnost horních smyček, rozhodli jsme se je prozatím nezahrnout do diagnostického softwaru a dále pracovat na zpřesňování diagnostiky. V diagnostickém softwaru bude proto zahrnout jenom úkol přepisu a jednotlivé parametry budou popsány v následující kapitole.

K čemu DiaGraMo slouží

Nástroj DiaGraMo byl vytvořen pro rozpoznávání obtíží s rukopisem u dětí ve třetím a čtvrtém ročníku základní školy. Tento diagnostický software nabízí diagnostiku konkrétních projevů, které souvisí se zhoršeným grafomotorickým výkonem dětí a sleduje, zda výkon dítěte odpovídá ročníkové normě. Konkretizace jednotlivých obtíží spolu s normami pro třídy umožňují cílenou speciálně-pedagogickou intervenci. DiaGraMo měří několik charakteristik online písma, které jsou vysvětleny v **Tabulce 5**.

Tabulka 5

Parametry online písma a jejich interpretace

Zkratka	Název	Interpretace
<i>Původní faktor: Kinematické schopnosti</i>		
DDP	<i>Dlouhá doba psaní</i>	Dítě text přepisuje příliš dlouho.
VVZ	<i>Vyšší variabilita zrychlení</i>	Dítě píše hodně dynamicky a často se mění zrychlení pohybu.
VVR	<i>Vyšší variabilita rychlosti</i>	Dítě při psaní často mění rychlost.
PKZ	<i>Postupně klesající zrychlení</i>	Dítě s postupem času snižuje dynamiku (švih) psaní.
PKR	<i>Postupně klesající rychlost</i>	Dítě píše s postupem času pomaleji.
<i>Původní faktor: Vizuospaciální a kognitivní schopnosti</i>		
NRVP	<i>Neschopnost rozlišovat výšku písmen</i>	Dítě nedokáže dostatečně rozlišovat mezi velikostmi písmen, všechna písmena mají stejnou výšku, např. „a“ píše stejně vysoké jako „h“.
NPDT	<i>Neschopnost provádět delší tahy</i>	Dítě často zvedá pero a přerušuje psaní, např. rozčlení jeden delší tah na více tahů.
NTHP	<i>Nestabilní tlak na hrot pera</i>	Dítě píše s nerovnoměrným tlakem na hrot pera.
VD	<i>Vizuoprostorové deficit</i>	Dítě tráví s perem více času nad papírem, než samotným psaním.

K čemu DiaGraMo není určen

Jednoduchost použití a přehlednost výstupů může uživatele softwaru vybízet k jeho použití pro jiné účely, než pro jaké byl původně navržen. Je proto třeba postupovat dle doporučených zásad pro práci s tímto nástrojem.

DiaGraMo **neslouží** k diagnostice grafomotorických obtíží u:

- dětí, které mají intelekt snížený pod hranicí normy
- dětí s narušenou hrubou motorikou (např. u vývojové dyspraxie)
- dětí s poruchami jazyka
- dětí s nekorigovanými poruchami zraku a sluchu
- dětí s poruchami pozornosti (ADD/ADHD)
- dětí před zahájením povinné školní docházky k určení školní zralosti
- u dospělých s organickými poruchami mozku (např. úrazy, demence, ...)

Požadavky na administrátora

Administraci diagnostické metody DiaGraMo a interpretaci získaných výsledků by měl vždy provádět proškolený odborník. Ten by měl mít odpovídající vzdělání a měl by být oprávněn provádět diagnostiku specifických poruch učení. Diagnostický software by tedy měli používat pracovníci Školských poradenských zařízení (PPP, SPC, SVP) nebo Školních poradenských pracovišť (např. speciální pedagogové, psychologové...).

Před použitím softwaru je doporučeno seznámit se s tímto diagnostickým manuálem a absolvovat online webinář, který je dostupný na webových stránkách Propsyco s.r.o. Tento postup může značně usnadnit použití metody.

Administrace

Hardware

K zabezpečení správné funkcionality doporučujeme použít PC/laptop s následující minimální konfigurací:

- CPU 3GHz (2 jádra),
- 8 GB RAM,
- Wifi 802.11ax (6GHz).

Další nutná prerekvizita pro akvizici ručně psaného projevu je digitalizační tablet od společnosti Wacom řady Cintiq 16 (viz **Obrázek 4**). Jeho vlastnosti jsou:

- 15.6“ IPS displej s rozlišením 1920 × 1080 px,
- aktivní plocha 344 × 194 mm,
- 8192 úrovní přitlaku,
- rozlišení snímací vrstvy 5080 lpi,
- stylus Pro Pen 2.

Pro zabezpečení správného chodu digitalizačního tabletu je nutné mít nainstalované aktuální verze ovladačů (dostupné [zde](#)).

Obrázek 4

Wacom Cintiq 16



Zapojení digitalizačního tabletu Wacom Cintiq 16

Wacom Cintiq 16 obsahuje:

- Digitalizační tablet (DTK-1660)
- napájecí kabel a adaptér (viz **Obrázek 5a**)
- datový kabel (viz **Obrázek 5b**)
- stylus - pero (viz **Obrázek 5c**)

Pero se může lišit v závislosti na uživatelských preferencích a verzi tabletu. Nicméně systém pracuje s jakýmkoliv perem od společnosti Wacom, které je kompatibilní s tabletem Wacom Cintiq 16.

Obrázek 5

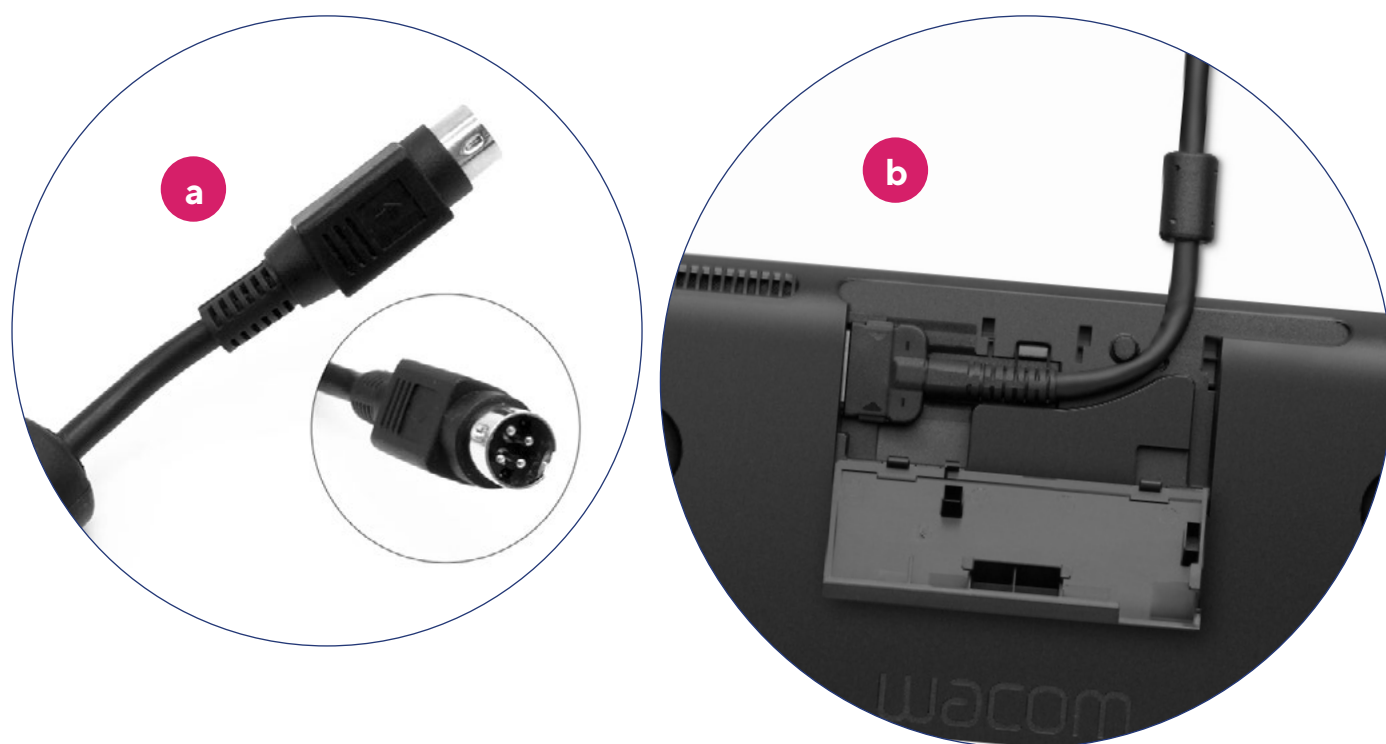
Příslušenství tabletu Wacom Cintiq 16: (a) napájecí kabel a adaptér, (b) datový kabel, (c) stylus - pero (Pro Pen 2)



- 1) Propojte napájecí kabel s adaptérem (**kabel zatím nepřipojujete do sítě 220 V**).
- 2) Propojte koncovku *Napájení* datového kabelu s výstupem z adaptéru (viz **Obrázek 6a**).
- 3) Zapojte datovou koncovku pro Cintiq do zadní části digitalizačního tabletu. Sledujte šipky na koncovce i tabletu a ujistěte se, že koncovka tzv. „zacvakla“. Kabel upevněte do držáku tak aby bylo možné založit krytku (viz **Obrázek 6b**).
- 4) Zapojte USB a HDMI koncovku do Vašeho PC/Laptopu.
- 5) **Zapojte napájecí kabel do sítě 220 V** a zapněte digitalizační tablet (tlačítko vpravo nahoře). Po pár sekundách naskočí obrazovka PC na tabletu.

Obrázek 6

Detail koncovky napájení datového kabelu (a) a . zapojení datové koncovky na zadní straně tabletu (b)



Nastavení PC

Nastavení obrazovky v systému Windows

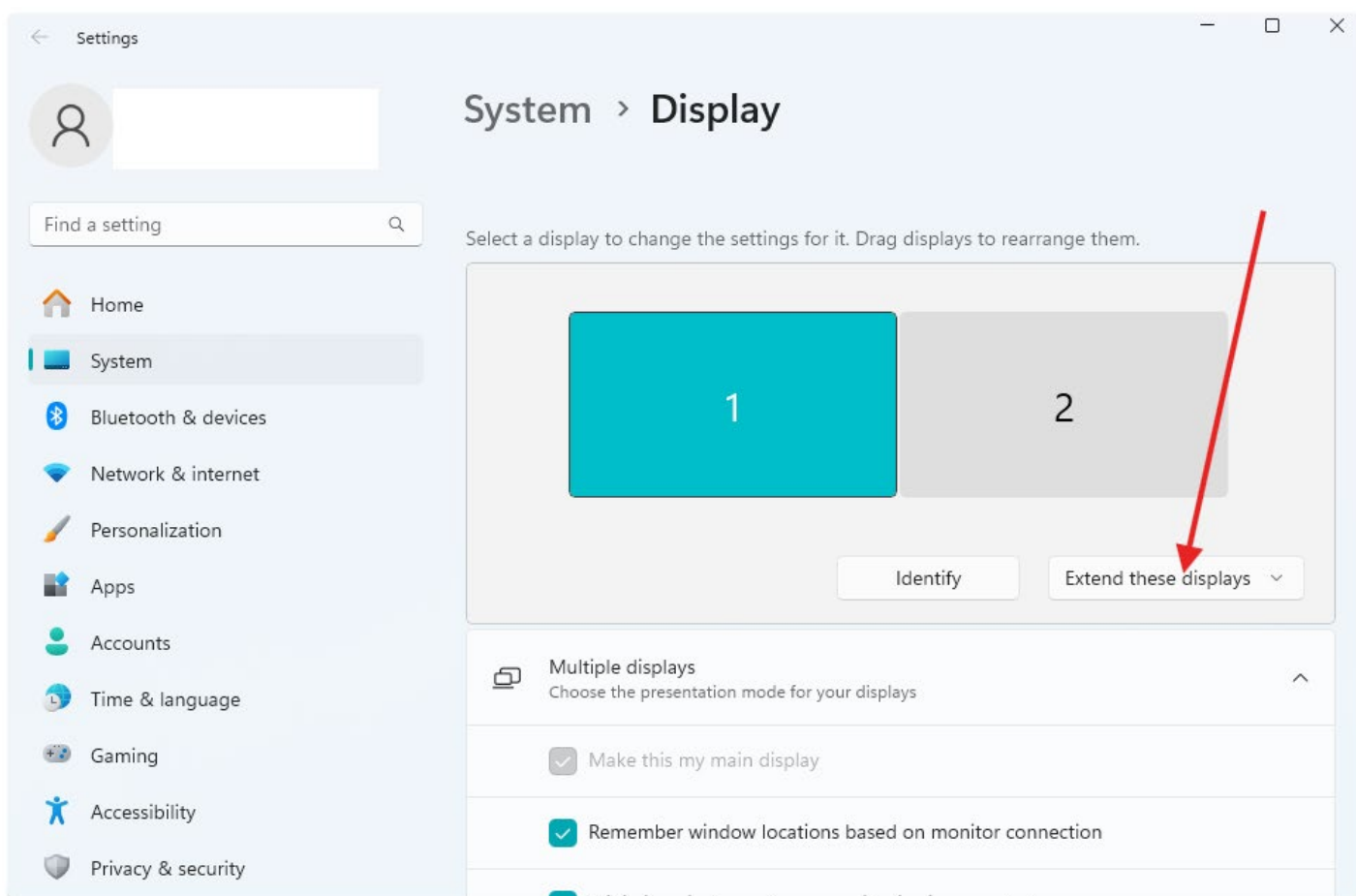
Nastavení obrazovky pro Wacom Cintiq 16 je klíčové pro zajištění správné funkcionality systému DiaGraMo.

1. Pravým kliknutím na plochu PC vyvolejte kontextové menu a otevřete *Nastavení obrazovky* (Display settings).
2. Pod vizualizací obrazovek zvolte *Rozšířit plochu na tuto obrazovku* neboli *Extend these display* v závislosti na jazykové mutaci vašeho systému, jak je znázorněno na **Obrázku 7**. **Digitalizační display bude sloužit jako druhý monitor.**

3. Ve vizualizaci obrazovek klikněte na obrazovku 2 a posuňte se níže na nastavení měřítka a rozlišení obrazovky (viz **Obrázek 8**).
4. *Měřítko (Scale)* nastavte na **100%**.
5. *Rozlišení monitoru (Display resolution)* nastavte na **1920 × 1080** (nejvyšší možné).
6. Zavřete okno nastavení. Krok 4 a 5 nastavujete pouze pro obrazovku tabletu – nastavení obrazovky na PC není potřeba měnit.

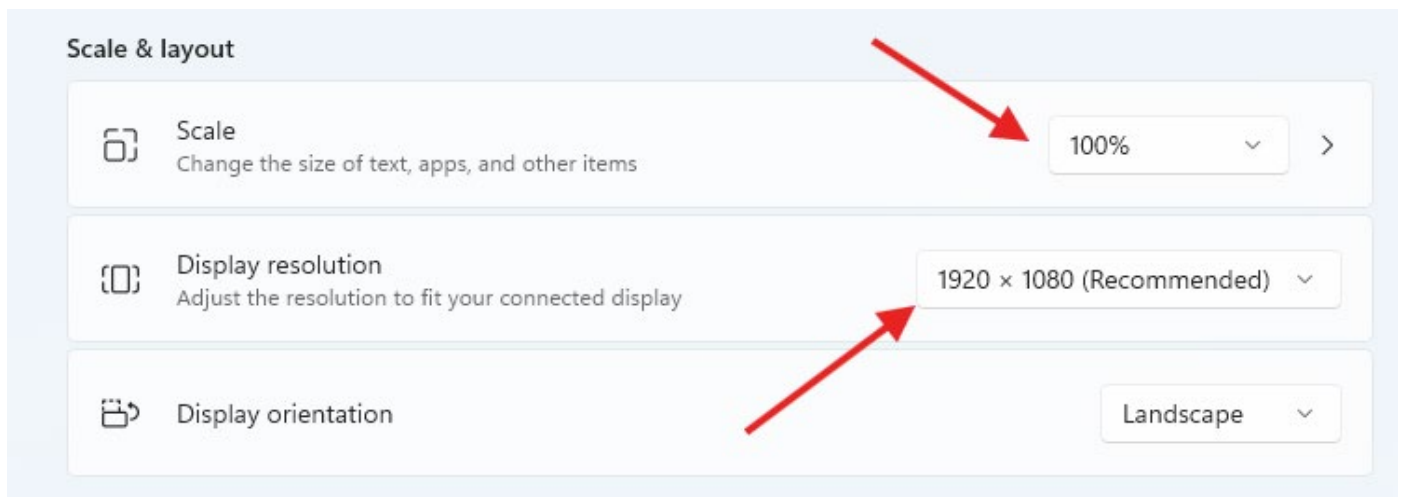
Obrázek 7

Nastavení obrazovky tabletu na rozšířenou plochu



Obrázek 8

Nastavení měřítka a rozlišení obrazovky digitalizačního tabletu



Instalace a aktualizace ovladačů Wacom

Pro zabezpečení správného chodu digitalizačního tabletu je nutné mít nainstalované aktuální verze ovladačů. Ovladače jsou dostupné na stránce Wacom: <https://www.wacom.com/en-mx/support/product-support/drivers>.

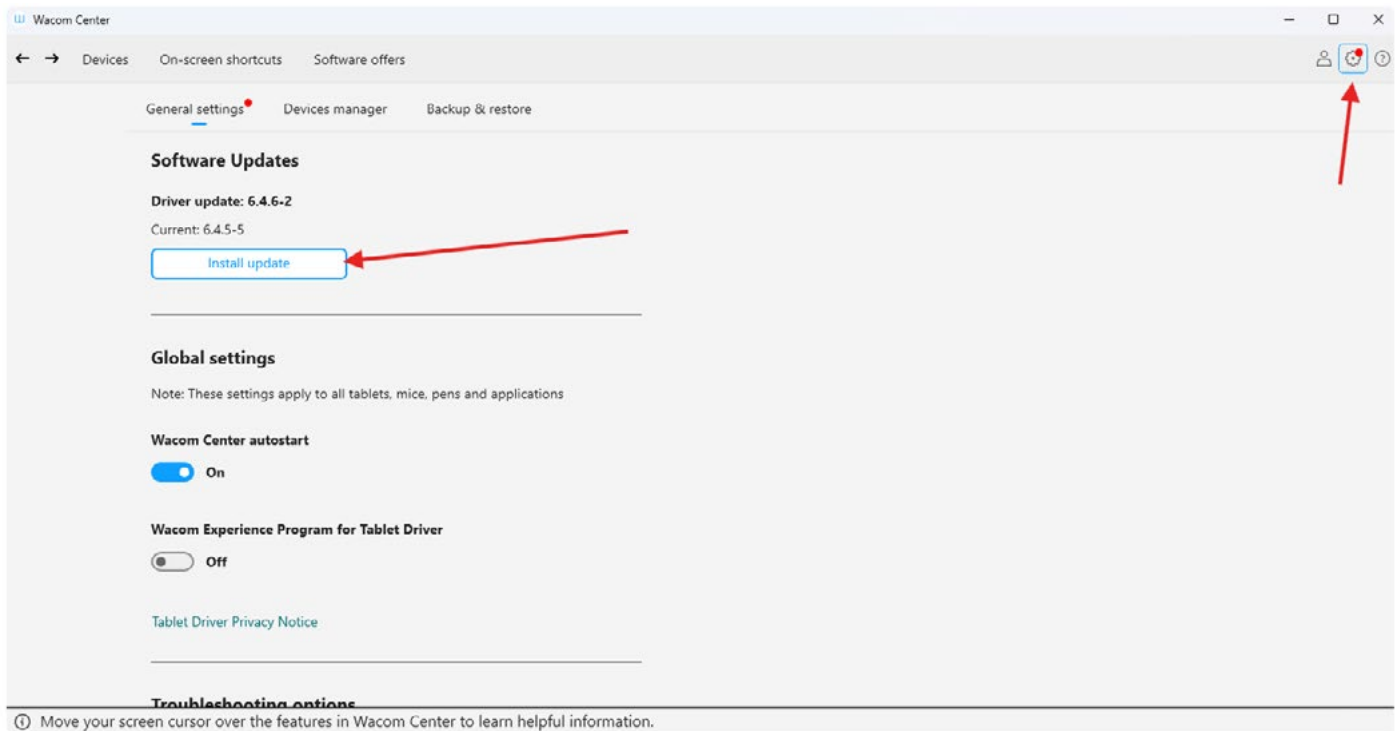
1. Pro zamezení chybovosti doporučujeme stáhnout verzi přesně pro digitalizační tablet Wacom Cintiq 16. Do vyhledávacího pole zadejte **DTK-1660**.
2. Stáhněte ovladače pro váš operační systém a postupujte dle instalačních instrukcí.
3. Restartujte počítač.

Po instalaci ovladačů je dostupný nástroj Wacom Center, ve kterém lze nastavovat všechny parametry digitalizačního tabletu a příslušného pera. Mimo jiné lze kontrolovat a aktualizovat verzi ovladačů. Doporučujeme jednou za měsíc nebo v případě potíží se systémem DiaGraMo zkontrolovat verzi ovladačů následovně:

1. Zapojte a zapněte Wacom Cintiq 16.
2. Otevřete aplikaci Wacom Center.
3. Na obrazovce musíte vidět připojený tablet. Klikněte na ozubené kolečko vpravo nahoře.
4. V případě existence nové verze ovladačů bude k dispozici tlačítko *Install update* (viz **Obrázek 9**).
5. Klikněte a postupujte dle instrukcí.
6. Restartujte počítač.

Obrázek 9

Update ovladačů



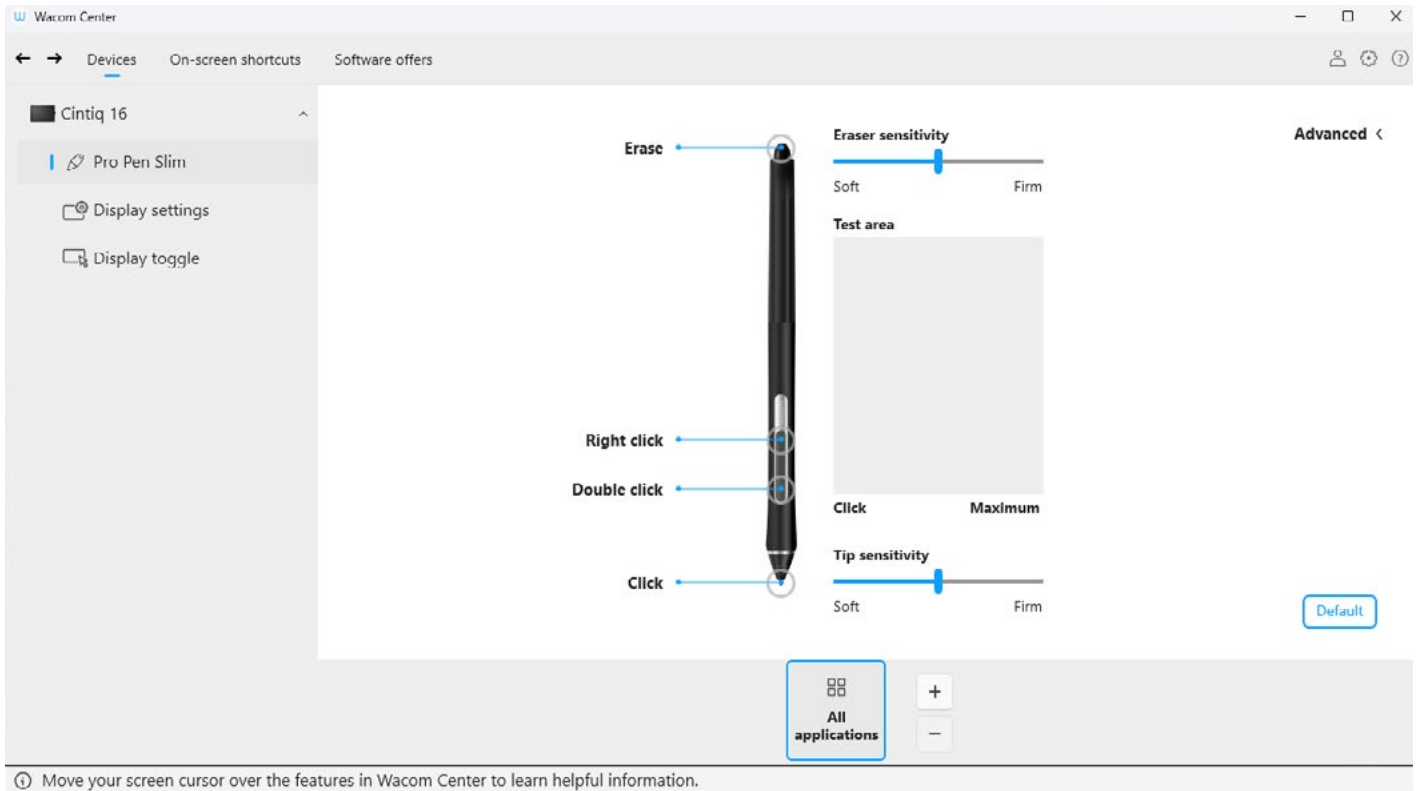
Nastavení pera – deaktivace funkcí

Pro zamezení nechtěných událostí a ovládaní počítače během akvizice písma je doporučeno deaktivování všech funkcí pera kromě kreslení.

1. Zapojte a zapněte Wacom Cintiq 16.
2. Otevřete aplikaci Wacom Center.
3. Klikněte na nastavení pera (viz **Obrázek 10**).
4. Je potřeba nastavit všechny funkce na „**Disabled**“, kromě hrotu pera (viz **Obrázek 12**). Ilustrace se může lišit dle použitého pera.
5. Po kliknutí na danou funkci (např. „Erase“) se zobrazí kontextové menu.
6. Zvolte poslední akci „**Other**“ a z možností vyberte „**Disabled**“ (viz **Obrázek 11**).
7. Bod 6 zopakujte pro všechny tlačítka pera, kromě hrotu. V našem případě Erase, Double Click a Right Click.
8. Na závěr byste měli vidět status tlačítek na „**Disabled**“ jako na **Obrázku 12**.
9. Zavřete Wacom Center.

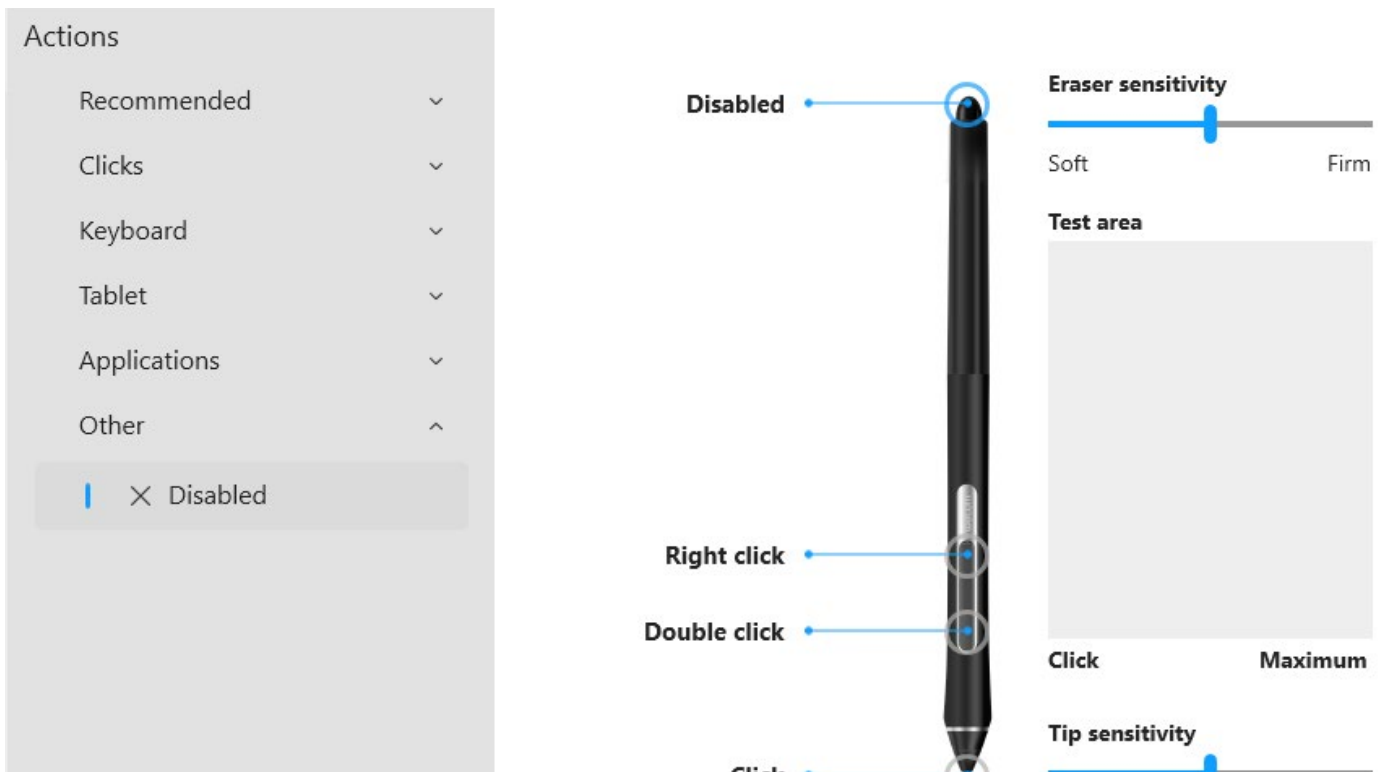
Obrázek 10

Nastavení pera



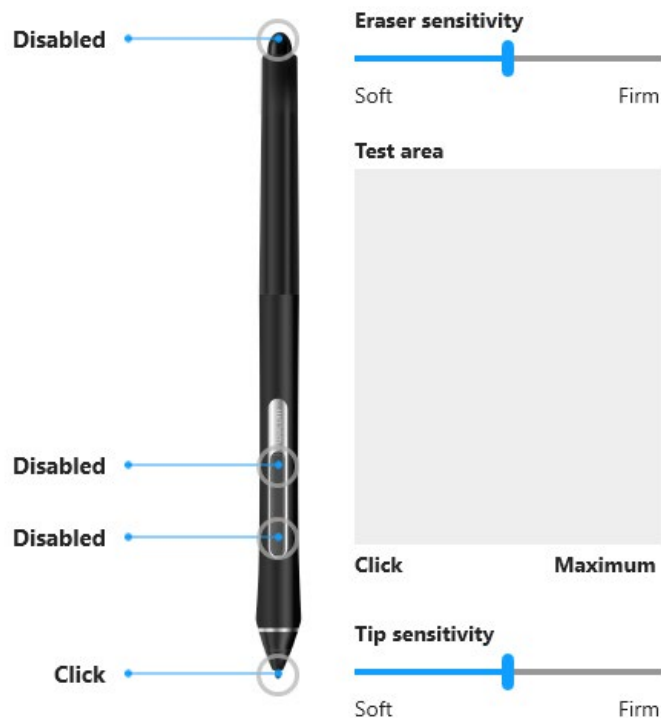
Obrázek 11

Kontextové menu pro deaktivaci funkcí



Obrázek 12

Výsledné nastavení pera



Závěrečná kontrola a zobrazení

Po nastavení všech předchozích kroků je hardware připraven pro práci se systémem DiaGraMo. Uvedené nastavení je potřebné vykonat pouze jednou (před prvním použitím), následně si Windows nastavení již pamatuje.

Je však nutná **periodická kontrola aktuální verze ovladačů alespoň jednou za měsíc**, jak je uvedeno výše v kapitole Instalace a aktualizace ovladačů Wacom.

Po přihlášení do systému DiaGraMo přes portál Propsyco je potřebné **přesunout kartu prohlížeče s „DiaGraMo“ na obrazovku tabletu**. Na obrazovce PC můžete mít otevřenou libovolnou jinou kartu nebo aplikaci (např. poznámky).

Pro bezproblémový chod akvizice písma doporučujeme mít vypnuté všechny ostatní aplikace.

Software DiaGraMo

Systém DiaGraMo je webový systém, který je složen ze dvou částí:

- akvizice dat,
- analýza dat.

Prerekvizity a minimální požadavky:

- k akvizici je nutné použít digitalizační tablet Wacom Cintiq 16 (viz specifikace Hardware) a stylus,
- kvalitní a stabilní připojení k internetu,
- PC/Laptop (Windows, MacOS),
- webový prohlížeč: Google Chrome,
- nainstalované ovladače Wacom (dostupné [zde](#)).

Před použitím systému pro akvizici je nutné Wacom tablet připojit k PC (HDMI + USB). Následně digitalizační tablet nastavte do režimu „rozšířená obrazovka“, bude sloužit jako další monitor. **Nastavte maximální rozlišení 1920 × 1080**. Správné rozlišení je klíčové pro zabezpečení validních výsledků systému DiaGraMo (viz kapitola Zapojení digitalizačního tabletu Wacom Cintiq 16 a kapitola Nastavení PC).

Pokud jste instalovali ovladače Wacom, **restartujte počítač**.

Prosím vždy dbejte na správné nastavení digitalizačního tabletu.

Dostupnost systému:

Prodej licence zabezpečuje společnost Propysco, s.r.o. Po zakoupení licence je možný přístup k systému pouze z portálu Propysco.

Přihlášení do systému

Systém DiaGraMo pracuje s anonymizovanými a bezpečně uloženými daty o jeho uživateli. Systém rozlišuje dvě role uživatelů:

- **administrátor** – primární uživatel systému, který řídí akvizici dat a následně užívá informací z analytické části systému,
- **proband** – sekundární uživatel systému, který využívá pouze akviziční část systému pod dohledem administrátora.

Po přihlášení do systému z portálu Propsyco je uživatel navigován na úvodní obrazovku systému. Úvodní obrazovka (viz **Obrázek 13**) obsahuje následující funkce:

- **Nový záznam** – spuštění nového záznamu (akvizice) písemného projevu,
- **Analýza** – přepnutí do analytické částí systému,
- **Předloha** – stáhnutí předlohy úlohy v PDF,
- **Manuál** – stáhnutí manuálu systému v PDF.

Obrázek 13

Úvodní obrazovka systému



Nový záznam

Po kliknutí na tlačítko **Nový záznam** je uživatel přesměrován na kartu subjektu (probanda), který bude zaznamenáván. Karta subjektu obsahuje (viz **Obrázek 14**):

- **ID** - identifikační číslo subjektu,
- **Třída** - třída, kterou proband navštěvuje (v současné konfiguraci systému podporujeme pouze 3. a 4. ročník),
- **Další info** - editovatelné pole pro další volitelné doplňující informace. Po editaci je nutné nové změny uložit (viz **Obrázek 15**),
- **START** - tlačítko pro přepnutí do módu akvizice,
- **Návrat zpět** - tlačítko pro návrat na hlavní obrazovku systému.

Obrázek 14

Karta subjektu



The screenshot shows a web interface for 'DiaGraMo'. At the top, the logo 'DiaGraMo' is displayed with a red wavy line underneath. Below the logo, the card displays the following information:

- ID: jano_new_001
- Třída: 3
- Další Info: sadsad

At the bottom of the card, there are two buttons: a dark blue button labeled 'START' and a white button with a dark border labeled 'Návrat zpět'.

Obrázek 15

Další informace k subjektu



Další Info:

Subjekt je spokojen.

Uložit

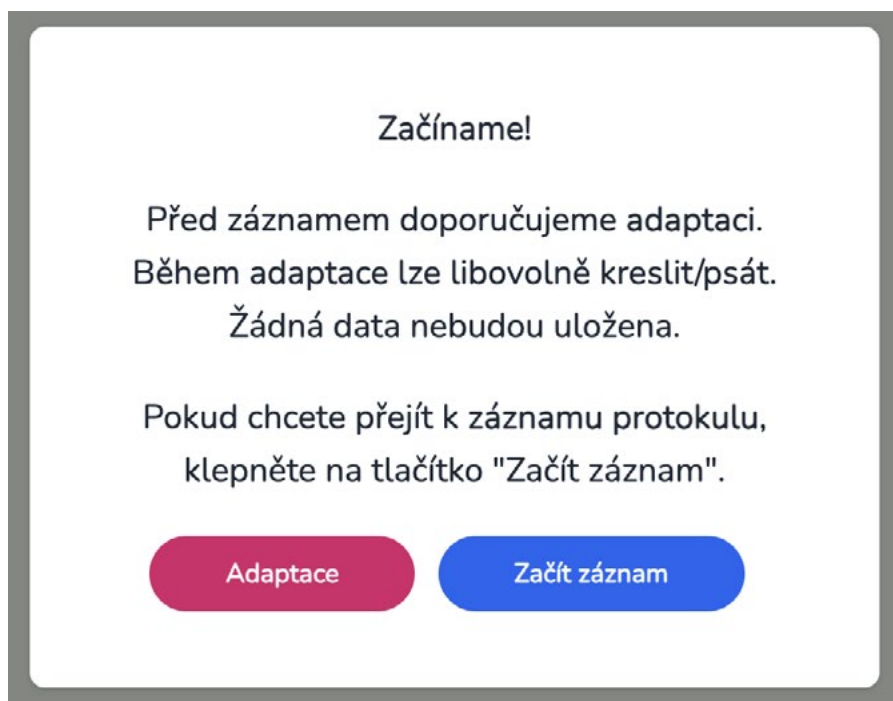
Nezapomeňte uložit nově přidané informace.

Po kliknutí na tlačítko **START** je uživatel navigován dále směrem k akvizici. Jako první se zobrazí obrazovka (viz **Obrázek 16**) se dvěma možnostmi:

- **Adaptace,**
- **Začít záznam.**

Obrázek 16

Úvodní karta akviziční části



Začíname!

Před záznamem doporučujeme adaptaci.
Během adaptace lze libovolně kreslit/psát.
Žádná data nebudou uložena.

Pokud chcete přejít k záznamu protokolu,
klepněte na tlačítko "Začít záznam".

Adaptace Začít záznam

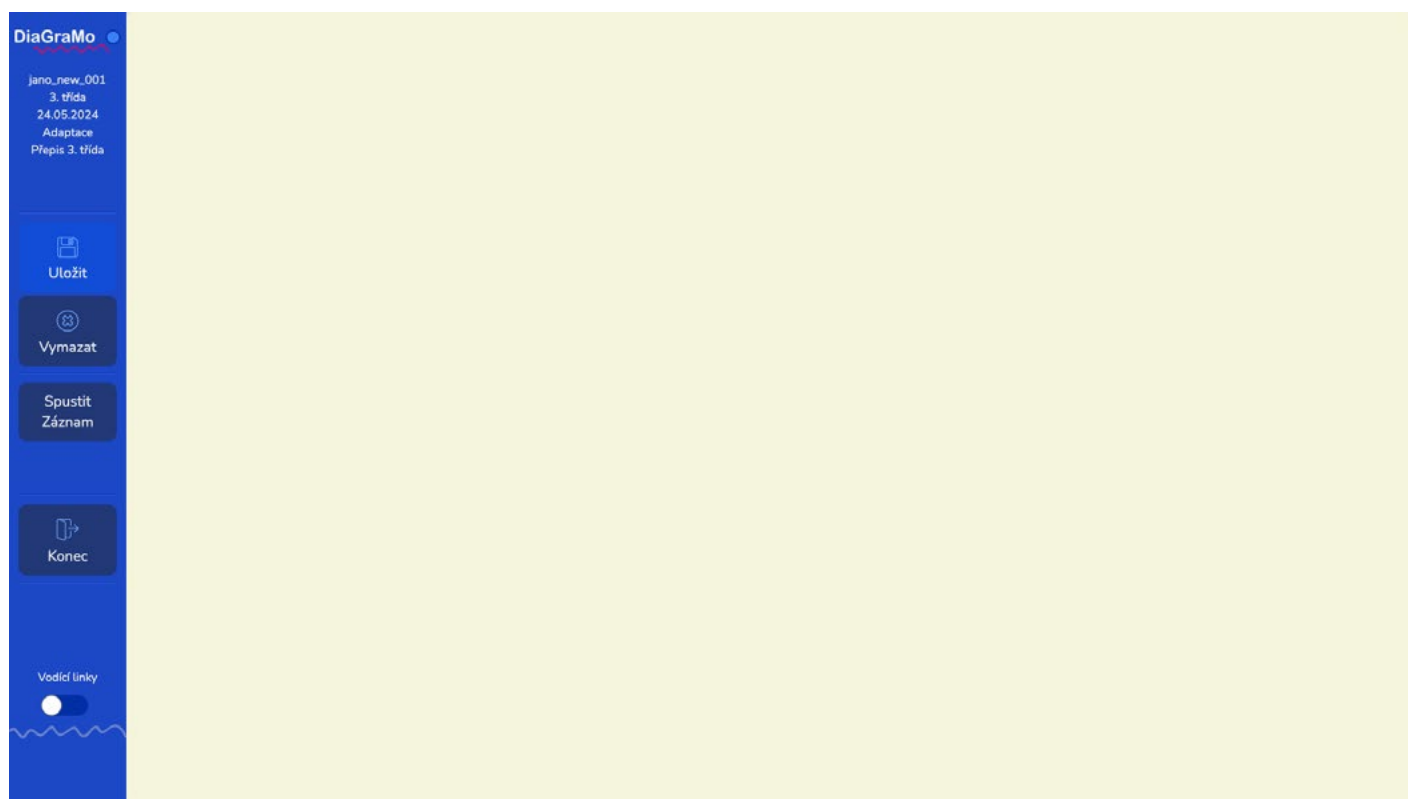
Adaptace

Režim adaptace umožňuje volné kreslení po pracovní ploše digitalizačního tabletu Wacom Cintiq 16 a umožňuje následující funkce (viz **Obrázek 17**):

- **Vymazat** – tlačítko pro vymazání kreslicí plochy,
- **Spustit záznam** – tlačítko pro spuštění akvizice dat,
- **Konec** – ukončení akvizice,
- **Vodící linky** – přepínač pro vykreslení vodících linek,
- funkce uložení dat není k dispozici.

Obrázek 17

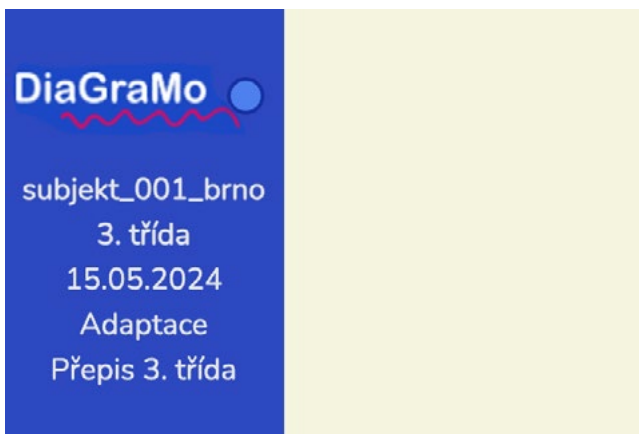
Obrazovka adaptace



V levém horním rohu systému se nachází infopanel, který poskytuje všechny důležité informace: ID, třída, datum administrace, režim záznamu, název úlohy. Jak lze vidět na **Obrázku 18**, vedle loga systému se nachází i info-tečka, která symbolizuje aktivitu systému. V případě adaptace je tečka modrá, po přepnutí do akvizičního režimu je tečka červená a jemně pulzuje (viz **Obrázek 19**). Navíc se po spuštění akvizice zobrazí pořadí administrace pro daného probanda (sezení).

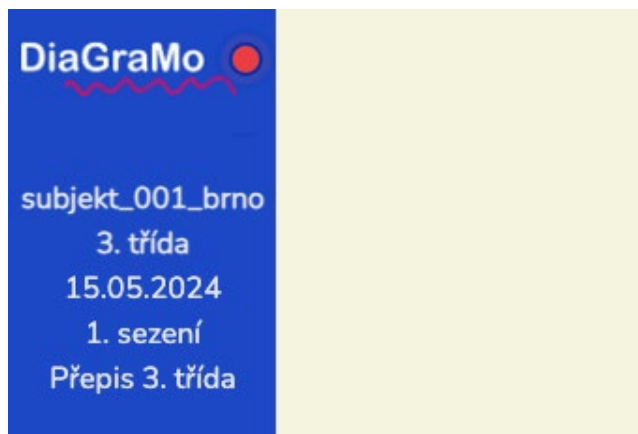
Obrázek 18

Infopanel adaptace



Obrázek 19

Infopanel akvizice



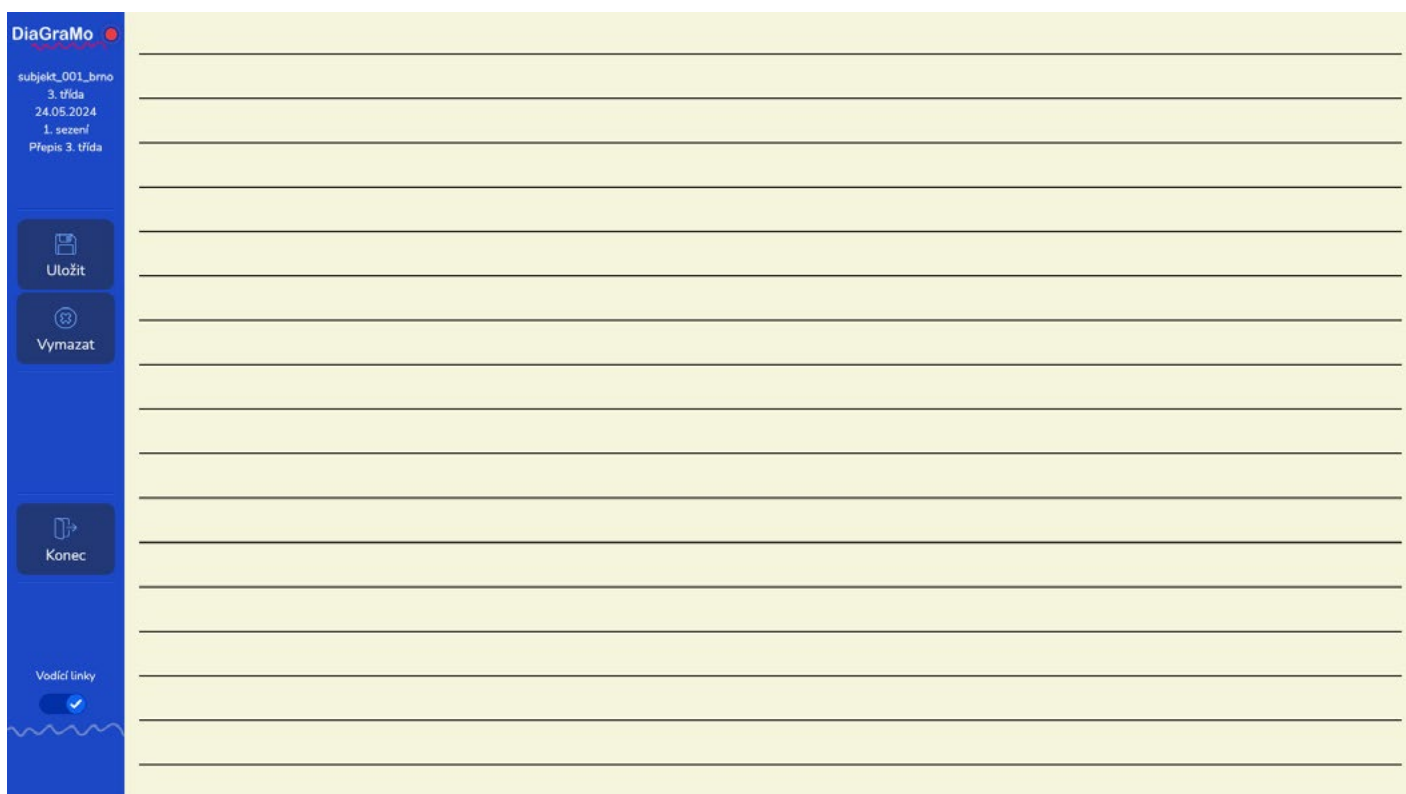
Akvizice

Po kliknutí na tlačítko **Sputit záznam**, se aktivuje akvizice dat a systém již zaznamenává všechny pohyby na povrchu digitalizačního tabletu. Lze přistoupit k akvizici úlohy a jelikož v současné konfiguraci systému je k dispozici pouze 1 úloha (a to přepis), systém automaticky zapne vodící linky (viz **Obrázek 20**).

Po úspěšném dokončení úlohy probandem je nutné data uložit. Kliknutím na tlačítko **Uložit** se úloha ukončí a data jsou odeslána k dalšímu zpracování na server. Úspěšné odeslání dat je signalizováno dalším oknem, které uživateli dává možnost přepnout se rovnou do analytické části systému, nebo systém ukončit (viz **Obrázek 21**).

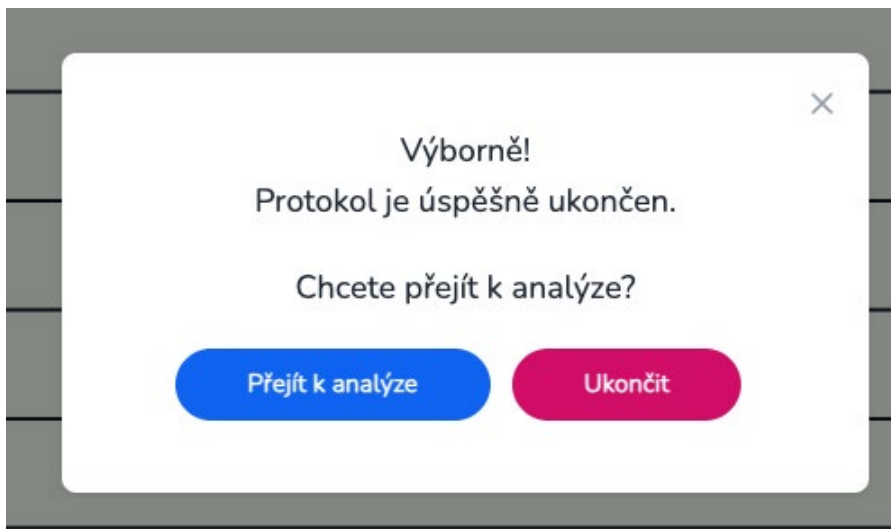
Obrázek 20

Obrazovka akvizice



Obrázek 21

Úspěšné ukončení akvizice



Analýza

Po přepnutí do analytické části systému je uživatel navigován přímo na obrazovku **Skóry**, která uživatele informuje o výsledku automatického hodnocení poslední provedené úlohy. V levém horním rohu se nachází infopanel, který opět obsahuje důležité informace pro navigaci systému: ID, třída, volba administrace, datum zvolené administrace a celkový počet administrací. Pro přepnutí do požadované administrace rozklikněte a zvolte administraci dle **Obrázku 22**.

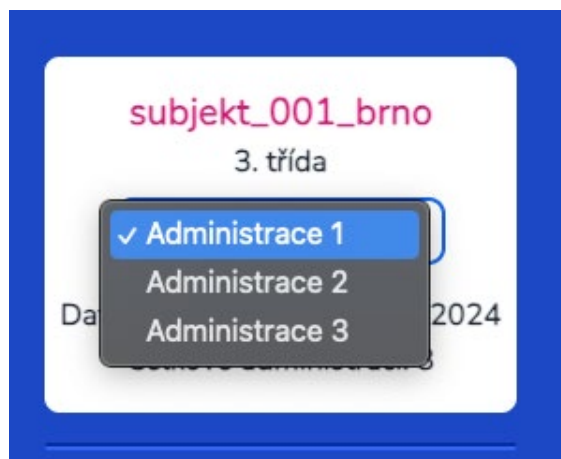
Analytická část umožňuje následující funkce (viz **Obrázek 23**):

- **Skóry** – přehled skórá úlohy,
- **Úloha** – rychlá vizuální kontrola úlohy,
- **Analýza úlohy** – umožňuje přehrát zaznamenaný úkol v čase,
- **Parametry** – přehled vypočtených parametrů a jejich hodnoty,
- **Export protokolu** – export výsledků do PDF reportu.

Pro používání analytické části NENÍ potřeba mít připojený digitalizační tablet Wacom.

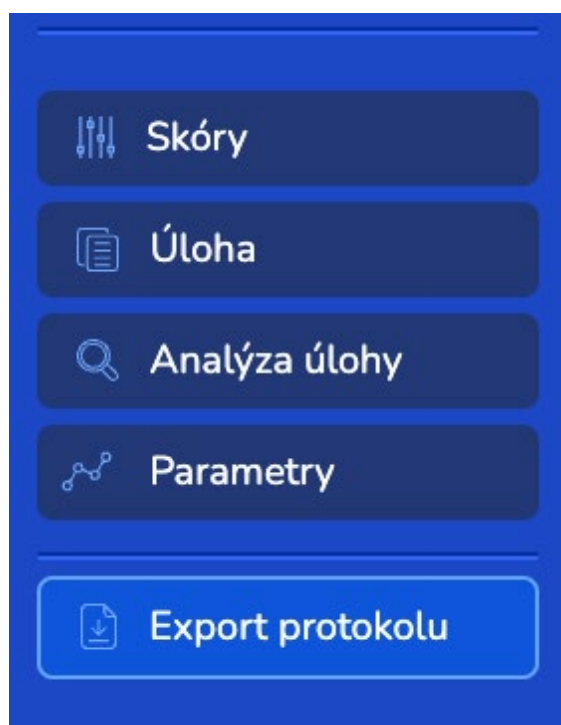
Obrázek 22

Infopanel analýza



Obrázek 23

Funkce analytické části



Skóry

Jak již bylo zmíněno, jedná se o hlavní obrazovku analytické části systému. Na obrazovce jsou uvedeny jak globální skóry (viz **Obrázek 24**) pro danou úlohu, tak i hodnoty pro jednotlivé manifestace a jejich grafické znázornění.

Obrázek 24

Skóry

Globální profil

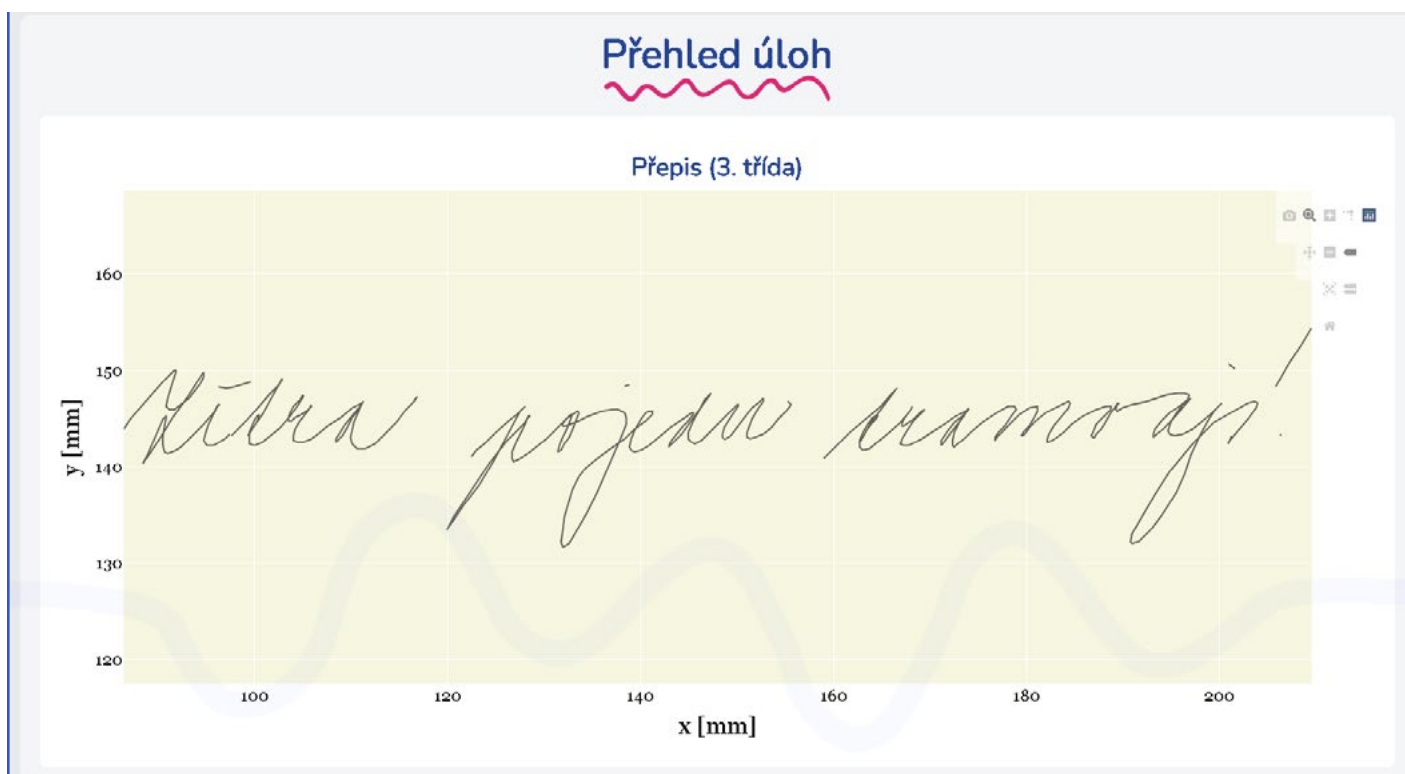
	SKÓRE
Kinematické schopnosti	0,2595
Vizuoprostorové a kognitivní schopnosti	0,0906

Úloha

Obrazovka slouží pro rychlou kontrolu úlohy ve formě interaktivního grafu (viz **Obrázek 25**). Graf lze různě přibližovat, nebo selektovat pouze části projevu, které uživatele zajímají.

Obrázek 25

Úloha

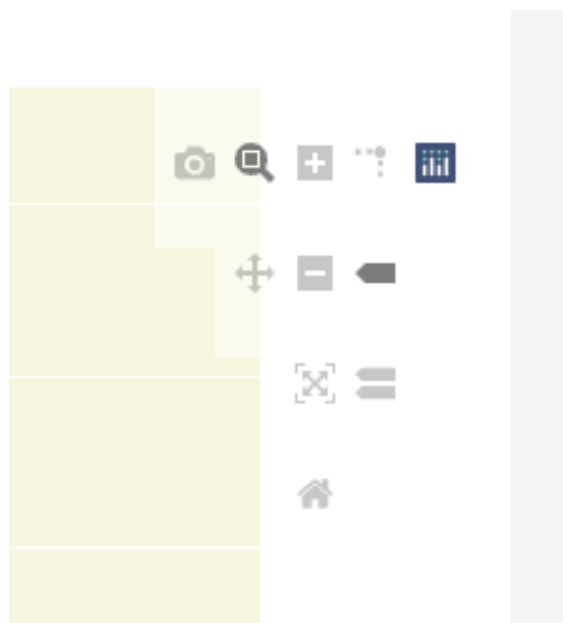


Po najetí kurzorem do pravého horního rohu grafu se zobrazí kontextové menu s mnoha funkcemi (viz **Obrázek 26**). Upozorňujeme na:

- ikonu 📷 - uložení grafu do .png (je uložen obrázek přesně toho, co je právě v grafu viditelné),
- ikona 🏠 - resetování grafu do původní pozice.

Obrázek 26

Kontextové menu grafu



Analýza úlohy

Obrazovka duplikuje akviziční část systému za účelem detailní analýzy úlohy (viz **Obrázek 27**). Hlavní část obrazovky tvoří kreslicí plocha, která slouží pouze k vizualizaci analyzované úlohy. Pro ovládání přehrávače slouží ovládací panel (viz **Obrázek 28**) se třemi funkcemi:

- 🎬 (Start) - spustí přehrávání,
- ⏸ (Pauza) - pozastaví přehrávání,
- 🛑 (Stop) - zastaví přehrávání a smaže kreslicí plochu.

Obrazovka má další funkce, které lze aktivovat pomocí zaškrťovacích políček (viz **Obrázek 29**):

- **Zobrazit pohyb nad povrchem** - po aktivaci se zobrazuje i pohyb nad povrchem tabletu (do cca 15 mm nad aktivní plochou). Pohyb se vykreslí od aktuální pozice, nikoliv od počátku. Pro vykreslení pohybu nad povrchem od počátku úlohy je potřeba funkci aktivovat již před celkovým spuštěním úlohy.
- **Zobrazit rychlostní profil** - po aktivaci se zobrazí rychlostní profil pro danou úlohu ve spodní části kreslicí plochy.

Dále jsou uvedeny základní parametry po dané cvičení a to:

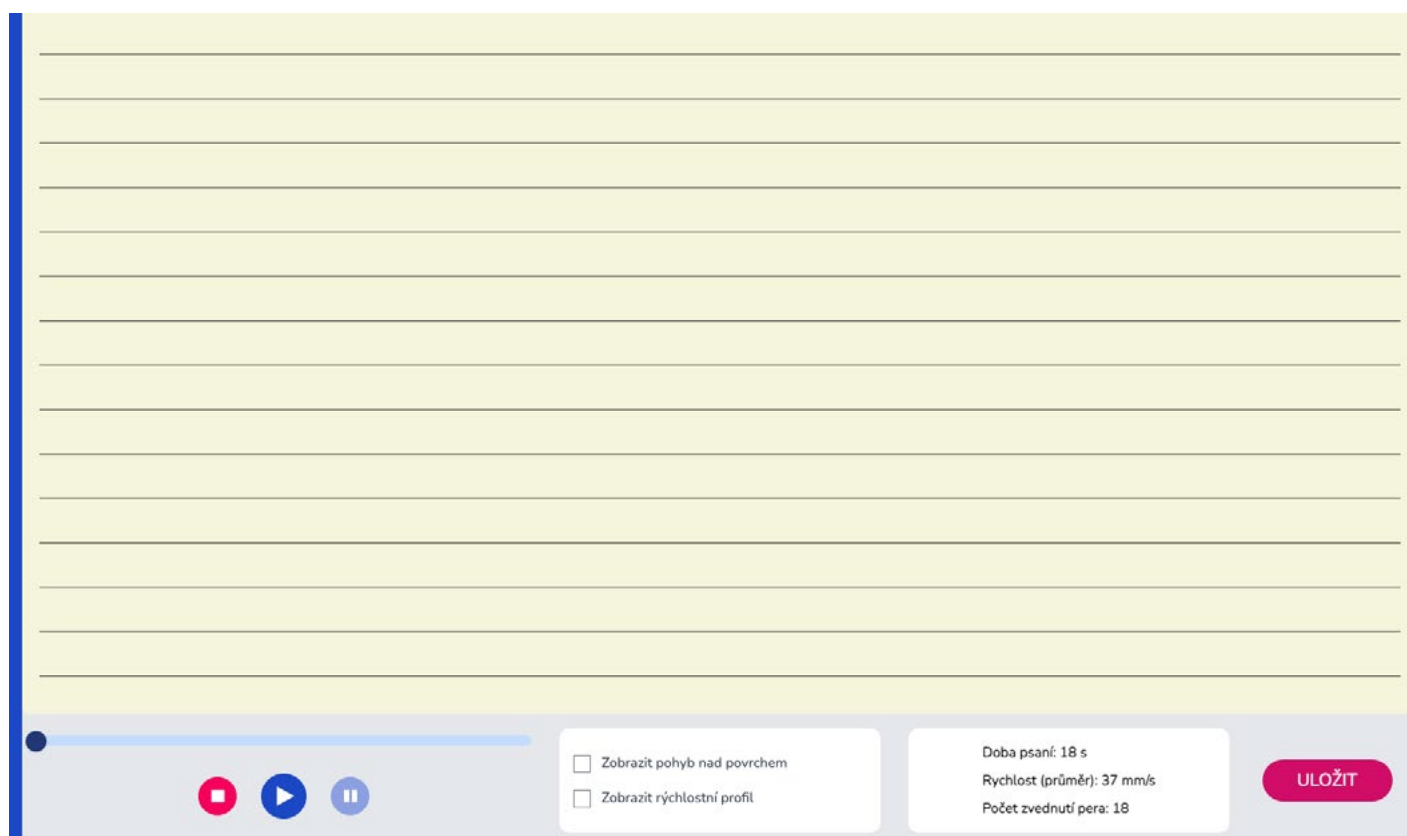
- **doba psaní** - celková doba psaní úlohy v sekundách; doba psaní se počítá od prvního doteku hrotu pera na povrch tabletu po poslední zvednutí pera,
- **rychlost (průměr)** - průměrná rychlost psaní v mm/s; počítá se celkově pro pohyb na povrchu i nad povrchem tabletu,
- **počet zvednutí pera.**

Výsledná obrazovka po aktivaci všech funkcí je zobrazena na **Obrázku 30**. Po kliknutí na tlačítko **Uložit** se exportuje videozáznam průběhu psaní s aktivovanými funkcemi.

Videozáznam se tvoří na základě spuštěného průběhu úlohy v přehrávači a pro export celého cvičení je nutné nejdříve spustit celou úlohu v přehrávači.

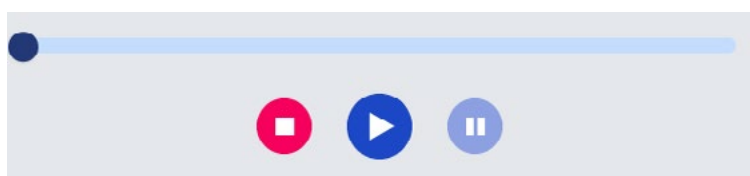
Obrázek 27

Prázdňá obrazovka analýzy úlohy



Obrázek 28

Ovládací panel přehrávače



Obrázek 29

Další funkce přehrávače

<input type="checkbox"/> Zobrazit pohyb nad povrchem <input type="checkbox"/> Zobrazit rychlostní profil	Doba psaní: 18 s Rychlost (průměr): 37 mm/s Počet zvednutí pera: 18
---	---

Parametry

Poslední obrazovka poskytuje informace o vypočtených parametrech dané úlohy ve formě tabulky (viz **Obrázek 31**).

Obrázek 30

Analýza úloh

Lidra pjele Anonje

Zobrazit pohyb nad povrchem
 Zobrazit rychlostní profil

Doba psaní: 18 s
Rychlost (průměr): 37 mm/s
Počet zvednutí pera: 18

ULOŽIT

Obrázek 31

Parametry

Přehled hodnot jednotlivých parametrů

Přepis (3. třída)

NÁZEV PARAMETRU	HODNOTA
Doba psaní	12,1107
Mezikvartilový rozsah on-surface rychlosti	42,8909
Směrnice počítaná z časové řady rychlosti	0,0012
Mezikvartilový rozsah on-surface zrychlení	2168,7191
Směrnice počítaná z časové řady zrychlení	0,9366
Poměr doby psaní on-surface/in-air	3,2363
Neparametrický koeficient rozptylu tlaku	0,2445
Počet zvednutí pera	16,0000
Neparametrický koeficient rozptylu výšek on-surface tahů	1,5000

Obecné zásady práce s DiaGraMo

Administrace testového materiálu představuje jeden ze základních kroků v diagnostickém procesu. Je proto důležité, abychom byli obeznámeni se základními principy a zásadami, které pomohou efektivně a správně pracovat s tímto diagnostickým nástrojem. Správné pochopení a používání tohoto softwaru je klíčové pro získání relevantních a spolehlivých výsledků, které povedou k účinným intervenčním strategiím.

Prvním krokem je zajistit správné podmínky pro administraci DiaGraMo. Je důležité mít k dispozici vhodnou místnost s adekvátním osvětlením. Abychom předešli zbytečnému rozptylování pozornosti, je vhodné zajistit klidné prostředí a bez rušivých prvků. Zadávání by mělo probíhat individuálně.

Stůl by měl být umístěn ve správné výšce. Vlivem neergonomické pozice dítě může mít nesprávný posez nebo se může různě naklánět, což může zkreslit výsledky testování. Důležitým faktorem je také dostatečný prostor na stole, aby dítěti nic nepřekáželo, a aby byl vytvořen dostatečný prostor pro tablet (hardware). Ten by měl být umístěn celou svojí plochou na desce stolu v pozici "na šířku".

Před samotným zahájením je důležité zabezpečit, aby mělo dítě uspokojené fyziologické potřeby, což přispívá k lepšímu soustředění. Je také klíčové vysvětlit dítěti, co se bude dít a co se od něj očekává. Před samotným testováním je vhodné, aby se dítě seznámilo s prostředím softwaru i s tabletem, aby se

předešlo efektu novosti. K tomu slouží režim Adaptace (viz kapitola Administrace). Můžeme ho nechat nakreslit obrázek dle vlastní volby. Tento obrázek pak pomocí funkce “Vymazat” vymažeme, aniž by to narušilo pořadí zaznamenávání jednotlivých úkolů.

Samozřejmě nesmíme opomenout ověřit, zda dítě správně porozumělo zadání, což může být provedeno prostřednictvím krátkého opakování zadání nebo dotázání. Během administrace je vhodné nechat dítě pracovat vlastním tempem, respektující jeho individuální tempo a potřeby, v případech, kdy to konkrétní administrace dovoluje.

Administrátor by měl navázat s dítětem dobrý kontakt, aby se vytvořilo prostředí důvěry a bezpečí, které podporuje spolupráci a motivaci dítěte. Tohle platí hlavně u dětí, které mají pocit selhání a jsou frustrované, že nedokážou psát “hezky”. Během administrace tak můžete dítě povzbuzovat a chválit za jeho snahu a úsilí. Je však důležité neklást důraz na konkrétní výkony, což by mohlo ovlivnit průběh administrace.

Administrace úkolů

Před zahájením dítěti vysvětlíme všeobecné zásady:

„Teď tě čeká jeden úkol. Nebude to nic složitého. Tvým úkolem bude opsat pár vět. Já ti věty ukážu a ty je přepíšeš sem,“ ukážeme dítěti obrazovku tabletu.

V softwaru zapneme linky na pozadí a vybereme předlohu pro daný ročník. Následně před dítě položíme standardizovanou předlohu přepisu a požádáme jej:

„Tyto věty (ukážeme na předlohu) přepíšeš psacím písmem. Každou větu na nový řádek.“

Poté, co dítě přepis dopíše, **nevyzýváme** jej ke kontrole gramatických chyb (viz následující kapitola) atp. Je důležité, aby po dokončení úkolu stáhlo ruce z obrazovky a odložilo pero mimo obrazovku tabletu. V případě, že pero zůstane položeno na tabletu, bude to software vyhodnocovat jako by testování pořád probíhalo dál a nedovolí uživateli uložit výsledky. Výsledný produkt uložíme.

Možné zkreslení výstupu

DiaGraMo je nová metoda, která nabízí možnost objektivního měření s velkou přesností. Každá čára, tečka, obrázek nebo text navíc může znamenat zkreslení měření a následného přepočtu na parametry. Je proto důležité si uvědomit, že dodržování správných postupů při jejím použití je klíčové. V předešlých kapitolách tohoto manuálu jsme popsali obecné i konkrétní zásady při administraci DiaGraMo. V této části se zaměříme na příklady praxe, se kterými jsme se setkali v průběhu naší několikaleté práce s tablety, a které mohou vést ke zkreslení výstupu a následné interpretace.

Jiné zadání, než je doporučeno

Výstupy diagnostického softwaru DiaGraMo byly validizovány na konkrétním zadání přepisu z diagnostické baterie Diagnostika schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní ve variantě pro školská a poradenská zařízení a pro žáky 3. a 4. ročníků (DIB, Bednářová a kol., 2015). Pro to, abyste mohli srovnávat výkon dítěte v oblasti psaní s námi navrženými normami, je nutné zachovat stejný podnětový materiál. V případě, že použijete jiný text nebo jiné zadání (např. opis nebo diktát), software udělá záznam a spočte jednotlivé parametry, ale budete je srovnávat s normami, které byly vytvořeny pro jiné zadání. Z tohoto hlediska je pak výsledek diagnosticky nepoužitelný.

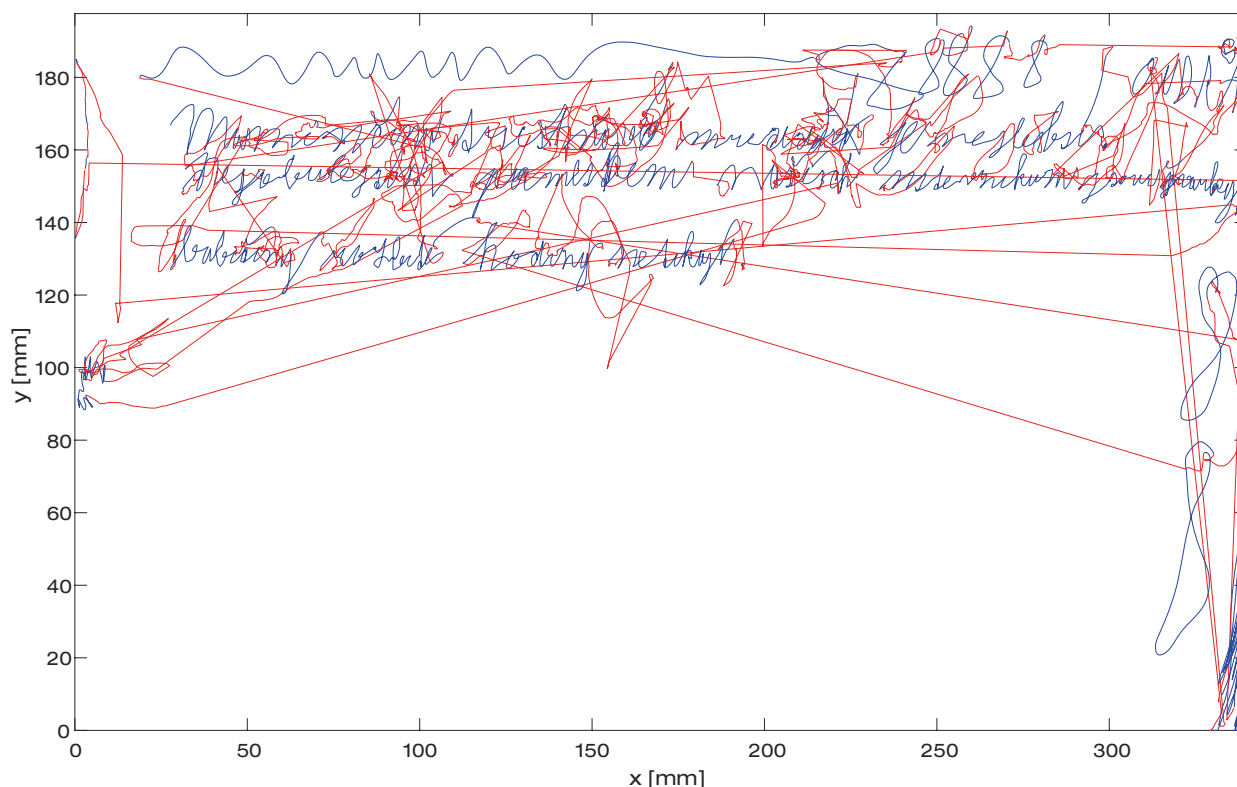
V záznamu je „něco“ navíc

Někdy se stává, že dítě nebaví cvičení, které právě administrujeme, a proto v průběhu psaní přepisu nebo diktátu nakreslí na plochu několik obrázků (viz **Obrázek 32**). Dalším příkladem je, když dítě nadepíše úkol, který jde psát, např. “Přepis” nebo se pod přepis podepíše. To však znamená, že se do měření započítává i tato aktivita a prodlužuje se tím čas, nebo program započítá delší pohyb ve vzduchu. Tyto pohyby nad povrchem tabletu jsou viditelné na **Obrázku 32** jako spleť červených čar.

Ze stejného důvodu by administrátor neměl dopisovat jakoukoliv informaci do dítětem napsaného textu. U **Obrázku 33** vidíme dodatečně dopsanou informaci, že text nebyl kontrolován z hlediska gramatiky. Normy jsou počítány na základě standardizovaných textů a odklon může vést ke zkreslení diagnostického výstupu.

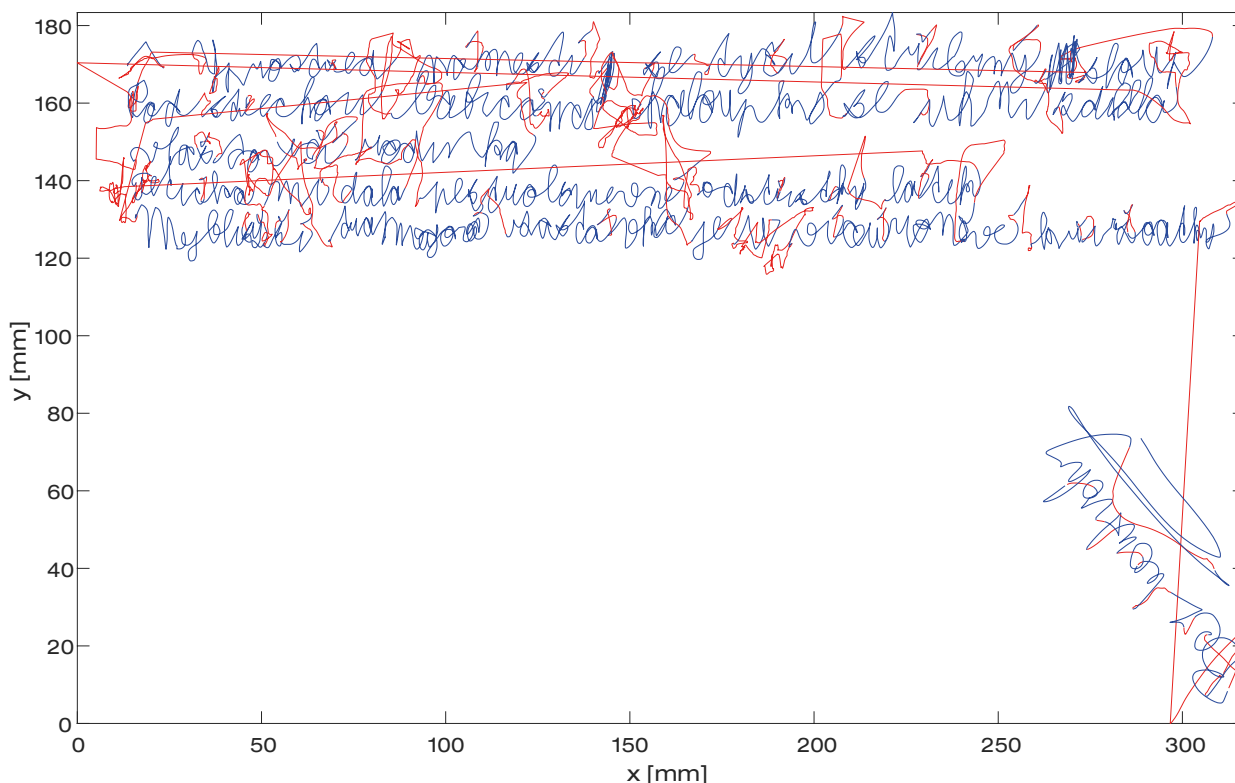
Obrázek 32

Dodatečně přidáné kresby osmiček a podpis dítěte



Obrázek 33

Dodatečně přidáný text "Bez kontroly"

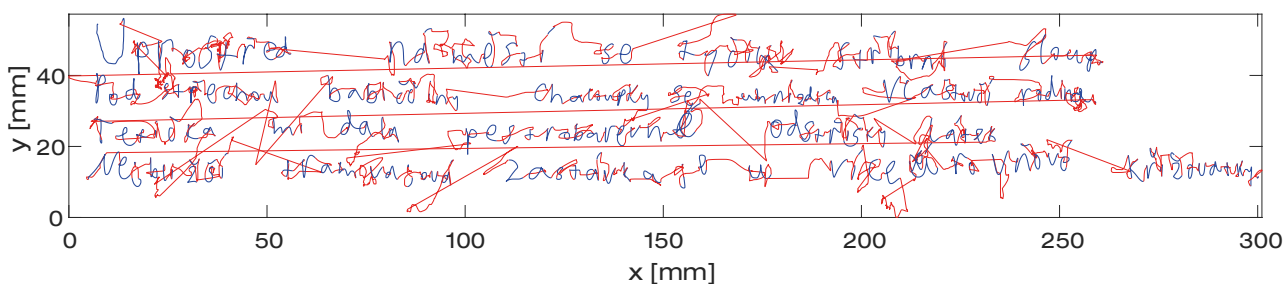


Psaný výstup je tiskacím písmem

Některým dětem s grafomotorickými obtížemi se doporučuje (zejména ve vyšších ročnících), aby psaly tiskacím písmem. Toto doporučení napomáhá dítěti k tomu, aby jeho písmo bylo čitelnější. Parametry měřené s pomocí DiaGraMo jsou citlivé na tuto změnu. Můžeme si to uvést na příkladu velkého písmene A. Zatímco u psané verze napíše dítě toto písmeno jedním tahem, tiskací verzi napíše třemi tahy. Znamená to více času strávené nad podložkou tabletu (in-air time) a více přerušení (viz **Obrázek 34**). V případě, že je text přepisů nebo diktátu psán tiskacím písmem, nelze srovnávat výstup z DiaGraMo s normami.

Obrázek 34

Záznam psaný tiskacím písmem

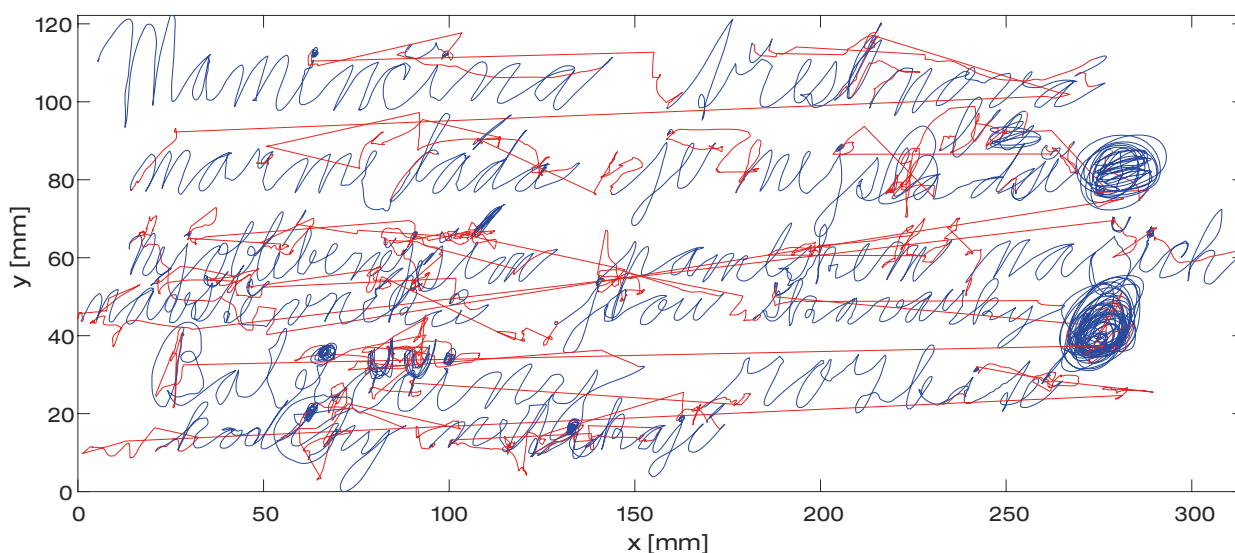


Kontrola a oprava gramatických chyb

Podobné zkreslení vytváří i kontrola gramatických chyb, kdy dítě prochází výsledný text a pomáhá si u toho propiskou. Někdy se nám při administraci stávalo, že si dítě potřebovalo zkontrolovat počet smyček a při zpětném počítání udělalo nad každou smyčkou tečku. U jiné administrace z předešlého projektu si dítě kontrolovalo, zda správně napsalo pořadí písmen v abecedě. Dalším dobrým příkladem je kontrola gramatických chyb. Všechny tyto postupy mají vliv na to, jakým způsobem jsou počítány parametry, takže výstup je zkreslený. Na **Obrázku 35** je ve slovech “nejsladší” a “hodiny” zakroužkování chybného písmene a chyb. Kroužkování a znovu napsání písmene opět zvyšuje délku tahu jak na povrchu, tak nad povrchem a přidává další přerušování psané trajektorie.

Obrázek 35

Upozornění na chybně napsaná písmena



Jak předcházet zkreslení

Abychom předešli těmto zkreslením, je potřebné dítěti vysvětlit, co se bude dít a co se od něj očekává. Je dobré mu vysvětlit, že je potřeba splnit zadání co nejpřesněji, ale nevybízet jej ke kontrole výsledného textu. Před samotným testováním mu můžeme nabídnout, ať si tablet vyzkouší (viz kapitola Obecné zásady pro práci s DiaGraMo), nebo se s ním domluvit na kreslení po skončení testování. Vysvětlení bychom měli přizpůsobit věku dítěte.

Psychometrické vlastnosti DiaGraMo

V této kapitole popíšeme psychometrické vlastnosti softwaru DiaGraMo s pomocí důkazů o konvergentní a konstruktové validitě. Ty dokládají, zda výstupy nově vytvořeného testu (v našem případě softwaru DiaGraMo) mají vztah k testům nebo ukazatelům, které zjišťují stejnou charakteristiku nebo konstrukt. Dále se zaměříme na tzv. diskriminační validitu, která mj. nabízí důkazy o tom, zda daný test rozlišuje (tj. diskriminuje) mezi skupinami. V našem případě se zaměříme na schopnost nástroje DiaGraMo predikovat příslušnost ke skupině intaktních dětí nebo dětí s obtížemi v psaní. I přesto, že jsme v úvodní kapitole o Nástroji DiaGraMo popsali důvody, které nás vedly k vyloučení úkolu horních smyček ze zadání, budeme v následujících kapitolách uvádět výsledky i ze zmíněného úkolu.

Psychometrické vlastnosti škály GHDRS, která je součástí diagnostického softwaru DiaGraMo, jsme ověřovali pomocí nástrojů, které jsou v praxi nejčastěji užívané k diagnostice grafomotorických obtíží a jejich skóry by měly souviset s latentními faktory horních smyček a parametry přepisu. Na základě teoretických podkladů a zkušeností z praxe jsme zvolili následující diagnostické nástroje:

- K hodnocení úrovně rozumových schopností jsme zvolili Zkrácenou inteligenční škálu z testové baterie Woodcock-Johnson IV. (Schrank a kol., 2014)
- K hodnocení dílčích funkcí (fonologického uvědomění a vizuální diferenciaci) jsme použili subtesty z diagnostické baterie BACH: Testy školních dovedností (Bednářová a kol., 2023)
- K hodnocení vizuospaciálních dovedností a vizuální pracovní paměti byla použita Reyova komplexní figura (Meyers a Meyers, 1995; 1996)
- K hodnocení psaní jsme použili Zkoušku psaní - Přepis z diagnostické baterie DIB (Bednářová a kol., 2015) a Zkoušku psaní - Diktát z diagnostické baterie BACH: Testy školních dovedností (Bednářová a kol., 2023)
- K hodnocení kvality psaného produktu byla použita Škála čitelnosti rukopisu (HLS; Handwriting legibility scale, Barnett a kol., 2018; Čunek a kol., 2023)
- K hodnocení kvality grafomotorických elementů byly vytvořeny škály pro každý element na základě několika diagnostických kritérií (Bednářová a Šmardová, 2021b; Vlčková a Poláková, 2014)
- K hodnocení toho, jak děti vnímají svoji dovednost rukopisu, jsme použili Screeningový dotazník úrovně písemného projevu pro dítě (Handwriting proficiency screening questionnaire for child; HPSQ-C; Rosenblum a Gafni-Lachter, 2015; Šafářová a kol., 2020).

Důkazy o konvergentní a konstruktové validitě

Po odhadu dvoufaktorového modelu smyček jsme pro každého respondenta u obou zadání odhadli faktorové skóry pro kinematické schopnosti a pro prostorové schopnosti. Ty jsme následně korelovali se skóry z metod, u kterých očekáváme vztah ke zkoumaným faktorům zájmu. U přepisu jsme korelovali jednotlivé parametry s normativními hodnotami výše uvedených testů. Vztahy jsme nehledali jenom s testy baterie Woodcock-Johnson IV. (viz následující kapitola Úroveň rozumových schopností), protože tento test sloužil jenom jako kritérium pro vyřazení dětí s podprůměrným intelektem (diagnostické kritérium pro Specifické poruchy učení). Jelikož diktát není součástí nástroje DiaGraMo, jeho výsledky nebudeme uvádět.

Úroveň rozumových schopností

U specifických poruch učení je vylučovacím diagnostickým kritériem snížená úroveň rozumových schopností (DSM-V: APA, 2022; ICD-11; WHO, 2022). Z důvodu kontroly této proměnné jsme do validizační testové baterie zařadili Zkrácenou inteligenční škálu (Brief Intelligence Ability; BIA) obsahující první tři testy z české verze baterie Woodcock-Johnson IV. (Schrank a kol., 2014). Testová baterie slouží k diagnostice rozumových schopností a školních dovedností, a to v rozmezí od 5 do 60 let. Standardizace testu pro českou populaci proběhla v roce 2019 (Urbánek a kol., 2019).

Zkrácená inteligenční škála je složená z testů: (1) Slovník – Synonyma (1A) a Antonyma (1B), ve kterých je dítě požádáno, aby řeklo významově podobná nebo opačná slova než jsou podnětová; (2) Číselné řady, kdy je úkolem dítěte doplnit číslo v logické řadě čísel a (3) Verbální pozornost, kdy je dítě požádáno aby vybralo správnou kategorii z množiny prezentovaných čísel a zvířat. BIA obsahuje testy reprezentující Porozumění – znalosti (Gc), Fluidní inteligenci (Gf) a Krátkodobou pracovní paměť (Gwm) a má silný vztah s Obecnou inteligencí (g).

Hrubé skóry dosažené v těchto subtestech byly převedeny na W-skóry, které transformují původní logitové skóry z analýzy pomocí Raschova modelu na hodnoty centrované kolem hodnoty 500 (podrobnosti viz McGrew a kol., 2014). Pro získání skóre IQ byly použity věkové normy pro českou populaci (Urbánek a kol., 2019). Průměrný IQ, jehož děti ve výběrovém vzorku dosáhly, byl 109,02 bodu ($SD = 12,24$; Min = 76; Max = 142). Rozložení skóre IQ ve vzorku odpovídá podmínce diagnostického kritéria, které říká, že specifické poruchy učení, kam spadají i obtíže se psaním, nejsou způsobeny sníženým intelektem. Z tohoto důvodu ze vzorku nebylo vyřazeno žádné dítě.

Fonologické uvědomění

Fonologické uvědomění je schopnost mentálně manipulovat se zvuky, které tvoří slova. Výsledky zahraničních studií naznačují, že se u dětí s vývojovou dysgrafií mohou objevovat potíže v této oblasti (Choi a kol., 2017; Erdogan, 2011; Justi a kol. 2021; Vernon a Ferreiro, 1999). Nicméně tyto zdroje většinou pracují s jiným přístupem k poruchám psaní, než je běžný pro českou poradenskou praxi, která se zaměřuje na narušení grafomotoriky.

Hodnocení této dovednosti je běžně v ČR prováděno v rámci diagnostiky specifických poruch učení. Jedná se buď o samostatné testy nebo se tato dovednost objevuje jako součást testování specifických chyb např. v diagnostickém diktátu a přepisu (viz níže Zkouška psaní: Přepis). V psaní se projevuje tím, že dítě není schopno rozlišit hranice slov, a tudíž nedodržuje správné mezery mezi slovy, slova komolí nebo vynechává písmena ve slovech (Bednářová a kol., 2015).

Pro posouzení této schopnosti jsme použili dva testy z diagnostické baterie BACH (Bednářová a kol., 2023), konkrétně test Fonologické kompetence a test Fonologické manipulace. První z testů je složen ze subtestů Sluchová analýza a Sluchová syntéza. U sluchové analýzy je úkolem dítěte rozložit prezentované slovo na jednotlivé hlásky (např. slovo LES rozložíme na hlásky L – E – S). V subtestu sluchové syntézy se testuje opačný proces, tedy složení hlásek do slova. U obou subtestů se měří i celkový čas strávený prací na subtestu.

Jednotlivé hrubé skóry z obou subtestů byly převedeny na *W*-skóry a následně na jejich ekvivalent inteligenčního skóru, který zde představuje normu dle věku dítěte. Popisné statistiky testovaného souboru pro subtest Sluchové analýzy (SLA) a Sluchové syntézy (SLS) jsou uvedeny v **Tabulce 6**. Testovali jsme rozdíly ve výsledných normovaných skórech mezi dětmi s obtížemi v psaní a intaktními dětmi. Vzhledem k narušenému normálnímu rozložení dat jsme použili pro srovnání obou skupin Mann-Whitneyho *U*-test. Alternativní hypotéza byla nastavena ve směru vyšších skóru (tj. lepšího výkonu) u intaktních dětí.

V subtestu Sluchové analýzy nebyly mezi skupinami dětí nalezeny signifikantní rozdíly ($W = 8168$; $p = 0,862$; $r^B = -0,08$). Naopak u subtestu Sluchové syntézy byly nalezeny rozdíly ($W = 10712$; $p = 0,002$; $r^B = 0,21$), kdy intaktní děti dosahovaly lepších výsledků ($M = 100,12$; $SD = 13,12$) než děti s obtížemi ($M = 95,65$; $SD = 12,96$). Z hlediska rychlosti provedení obou subtestů nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ani u Sluchové analýzy ($W = 8343,5$; $p = 0,75$; $r^B = -0,05$) ani u Sluchové syntézy ($W = 7193$; $p = 0,99$; $r^B = -0,19$).

Tabulka 6

Popisné statistiky u subtestů Fonologické uvědomování

Proměnná	N	CH	M	SE	95% CI		SD	Min.	Max.
					Spodní	Horní			
SLA	269	1	106,12	0,94	104,35	108,04	15,45	61,80	138,30
Čas(SLA)	268	2	167,60	3,76	160,23	174,98	61,59	60,00	665,00
SIS	269	1	97,56	0,80	95,99	99,14	13,20	67,70	131,50
Čas(SIS)	270	0	226,51	4,05	218,57	234,44	66,52	30,00	432,00

Pozn.: N = počet participantů; CH = počet chybějících participantů; M = průměr; SE = standardní chyba průměru; CI = interval spolehlivosti; SD = směrodatná odchylka; Min. = minimální hodnota; Max. = maximální hodnota;

Druhým použitým testem byl test Fonologické manipulace, který obsahuje čtyři různé typy položek. Cílem je zjistit schopnost dítěte manipulovat s postavením hlásek ve slově tak, aby vzniklo významově nové slovo záměnou hlásek, jejich odstraněním nebo přidáním nebo schopností odlišit, ve které hlásce se liší podobně znějící slova. U těchto úkolů celkový časový limit není stanoven, nicméně je stanoven časový limit pro jednotlivé položky a ten ovlivňuje i způsob jejich skórování.

Opět jsme součtový hrubý skór převedli na normovaný skór, který představuje ekvivalent inteligenčního skóru, s ohledem na věk dítěte. Průměrný skór ve vzorku dětí (N = 269) měl hodnotu 101,65 (SD = 12,84; SE = 0,78) s rozsahem skóru od 60 po 129,3. Mezi skupinami dětí byly nalezeny signifikantní rozdíly ve výkonu ($W = 11951$; $p < 0,001$; $r^b = 0,35$), kdy intaktní děti dosahovaly vyšších průměrných skóru ($M = 106,46$; $SD = 9,40$; $SE = 0,88$) než děti s obtížemi ($M = 98,12$; $SD = 13,87$; $SE = 1,11$).

Ze subtestů Fonologické kompetence byla vyšší úspěšnost v úlohách zaměřených na Fonologickou syntézu. Ta byla spjata s parametry *neschopnost rozlišovat výšku písmen* (3. ročník: $r = -0,31$, $p = 0,001$; 4. ročník: $r = -0,16$, $p = 0,044$) či *dlouhá doba psaní* (3. ročník: $r = -0,21$, $p = 0,027$), zatímco výkon z úloh na Fonologickou analýzu vyjádřený v normativních skórech nekoreloval statisticky signifikantně s žádným parametrem přepisu. Znamená to, že děti, které měly obtíže se skládáním slov z hlásek, nedokázaly dobře rozlišovat výšku jednotlivých písmen ve slovech (v obou ročnících) a přepisovaly text příliš dlouho (třetí ročník). Schopnost rozložit slovo na jednotlivé hlásky neměla k parametrům žádný vztah.

Podobně jsme provedli korelační analýzu i se subtestem Fonologické manipulace. Nejsilnější negativní asociace byly nalezeny mezi normovaným skórem a parametry *neschopnost rozlišovat výšku písmen* (3. ročník: $r = -0,37$, $p < 0,001$; 4. ročník: $r = -0,27$, $p < 0,001$), *neschopnost provádět delší tahy* (3. ročník: $r = -0,22$, $p = 0,021$; 4. ročník: $r = -0,34$, $p < 0,001$), a *dlouhá doba psaní* (3. ročník: $r = -0,21$, $p = 0,026$; 4. ročník: $r = -0,33$, $p < 0,001$). Znamená to, že u dětí v obou ročnících, které měly obtíže s manipulací hlásek ve slově (záměna, odstranění nebo přidání hlásky), se ve větší míře objevovaly dysgrafické projevy jako stejná výška písmen, časté zvedání pera a přerušování psaní a psaní jim trvalo déle. U dětí ve čtvrtém ročníku se navíc u zhoršené fonologické manipulace projevil i vztah s parametrem *postupně klesající rychlost* (4. ročník: $r = -0,24$, $p = 0,002$). Děti, které nebyly schopné manipulovat s hláskami ve slově, postupem času zpomalovaly psaní přepisu.

Vizuální diferenciacce

Dítě při psaní spoléhá do velké míry na schopnost zrakového vnímání přibližně do období mezi osmým až desátým rokem, tedy před tím než se jeho písmo zautomatizuje (Palmis a kol., 2017). Jednou z dimenzí zrakového vnímání, která je často testována u dětí se specifickými poruchami učení, je vizuální diferenciacce. Jedná se o schopnost rozlišovat tvary bez ohledu na jejich velikost nebo polohu.

Úkolem dítěte v testech zrakové diferenciacce je vybrat ze série dvojic symbolů ty, které se v něčem liší. Rozdíly v symbolech mohou být způsobeny přetočením symbolu dle horizontální (nahore-dole) nebo vertikální (vpravo-vlevo) osy nebo se mohou lišit nějakým detailem (Bednářová a kol., 2015, 2023; Cígler a kol., 2023). Každé písmeno v rámci vázaného psaného písma má svoji konkrétní formu, kterou je potřeba dodržet, aby byl výsledný text čitelný. Oslabení vizuální diferenciacce tedy může mít vliv na rozlišování a osvojení tvarů písmen (Bednářová a kol., 2015).

V rámci manuálu BACH (Cígler a kol., 2023) se pracuje se dvěma bloky symbolů, přičemž v každém bloku je jich 60. V obou blocích je rozložení různých typů chyb přibližně stejné a hrubý skór vzniká jako součet všech správně zaškrtnutých chybových párů. Průměrný skór pro 264 dětí v našem vzorku (u 6 dětí nebylo možné test vyhodnotit) se rovná 99,80 ($SD = 16,26$; $SE = 1,0$) s rozsahem skóru od 60 po 134,3. Výkon dětí v obou skupinách v tomto subtestu se signifikantně liší ($t(262) = 7,23$; $p < 0,001$; $d = 0,90$). Intaktní děti dokázaly lépe rozlišovat odlišné symboly ($M = 107,39$; $SD = 14,56$; $SE = 1,36$) než děti s obtížemi ($M = 94,03$; $SD = 15,12$; $SE = 1,23$).

Čas, který se měří v obou blocích, může vypovídat o pracovním tempu dítěte nebo o jeho pracovních návycích (Bednářová a kol., 2015). Pro skór rychlosti byl čas ve vteřinách za celý test převeden na M skóry a ten pak opět převeden na ekvivalent IQ skóru dle věku dítěte. V průměru trvalo ve skupině intaktních dětí vyplnění celého testu 5 minut a 15 vteřin ($SD = 1$ min. a 21 sekund). Děti, které měly obtíže, vyplňovaly test rychleji s průměrným časem 4 minuty a 51 vteřin ($SD = 1$ minuta a 27 sekund). Předpokládali jsme, že intaktní děti budou ve vyplňování testu rychlejší. Mezi skupinami nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ($W = 100032$; $p = 0,97$; $r^B = 0,13$). Po převedení časových dat se tyto rozdíly projeví jako statisticky významné ($t(267) = -2,03$ $p = 0,02$; $d = -0,25$), přičemž děti s obtížemi dosahovaly v průměru vyšších hodnot ($M = 99,89$; $SD = 13,92$) než intaktní děti ($M = 96,62$; $SD = 11,85$).

Z uvedených výsledků vyplývá, že děti s obtížemi v psaném projevu dokončují test vizuální diferenciacce mnohem rychleji. To odporuje hypotéze o pomalém pracovním tempu těchto dětí. Nicméně je potřeba vzít v úvahu i chybovost, která je u nich významně vyšší. Vystává proto otázka, která směřuje k vzájemnému kompromisu mezi rychlostí a přesností při provádění tohoto typu úkolu. Naše data ukazují na slabý vztah mezi oběma proměnnými, který lze interpretovat tak, že s vyšší rychlostí provádění úkolu se zvyšovala chybovost ($r = -0,29$, $p < 0,001$).

Ačkoliv jsme nenašli statisticky signifikantní vztahy mezi faktory popisujícími horní smyčky a testem vizuální diferenciacce, při provedení separátní korelační analýzy v rámci jednotlivých tříd jsme našli vztah o velikosti 0,28 ($p = 0,004$) mezi těmito dvěma skóry u třetáků. Znamená to, že děti, které měly horší výkon v testu vizuální diferenciacce a nedokázaly dobře rozlišit mezi jednotlivými symboly, byly rychlejší při provádění horních smyček (kinematické vlastnosti).

U přepisu normovný skór nejtěsněji souvisel s parametrem *neschopnost rozlišovat výšku písmen* (3. ročník: $r = -0,51$, $p < 0,001$; 4. ročník: $r = -0,20$, $p = 0,014$). Děti v obou ročnících, které měly obtíže odlišit symboly, nebyly schopny rozlišovat výšku jednotlivých písmen.

Vizuospaciální dovednosti a vizuální pracovní paměť

Vizuospaciální dovednosti zahrnují schopnost pracovat s prostorem, tedy porozumět, zpracovat a interpretovat informace spojené s vizuálními a prostorovými informacemi. Patří sem i schopnost vnímat a porozumět prostorovým vztahům mezi objekty a jejich umístěním v prostoru. U dětí s vývojovou dysgrafií se jako jeden ze symptomů ukazuje právě narušení vizuospaciálních dovedností (Engel-Yeger a kol., 2009; Olive a Passerault, 2012). Můžeme tedy mluvit o tom, že dítě není schopno udržet písmo na řádku, nedokáže dodržovat okraje nebo nedodržuje mezery mezi slovy a uvnitř slov (Feder a Majnemer, 2007; Jucovičová a Žáčková, 2009; Krejčová a kol., 2018).

Dle teoretických modelů psaní (Berninger a Amtmann, 2003; Rapp a kol., 2016) a vědeckých studií má pracovní paměť vliv na dovednost psát (Kellog, 1996; Olive, 2004). Děti s obtížemi v rukopise mají obtíže s vizuálním zpracováním písmene a převedením jeho tvaru do dlouhodobé paměti. To pak způsobuje potíže s jeho přesným znovuvybavením a způsobuje i prodloužení celkové délky psaní (Jucovičová a Žáčková, 2009; Zesiger, 1999).

Do validizační baterie jsme proto zařadili subtesty Kopie (Copy) a Okamžité vybavení po třech minutách (Immediate Recall) z Reyovy komplexní figury (Rey Complex Figure test and Recognition Trial; RCFT; Meyers a Meyers, 1995). Dle psychometrických kapitol v manuálu testuje subtest Kopie vizuospaciální konstrukční schopnost (visuospatial constructional ability) a subtest Okamžitého vybavení testuje schopnost vizuospaciálního vybavení (visuospatial recall).

Normy byly vytvořeny pro věkové skupiny od 6 do 89 let. Normy pro děti a adolescenty byly vytvářeny na americkém vzorku (Meyers a Meyers, 1996). Vzhledem k obrazovému obsahu testu nepředpokládáme výrazný rozdíl v testovaném konstruktu. Obrazový materiál byl skórován dle manuálu a byly vytvořeny součtové hrubé skóry.

U subtestu Kopie jsme hrubé skóry převedli na percentilové normy (viz **Tabulka 7**), které jsou rozděleny do pěti kategorií od 1 (percentil nižší nebo rovný 1) po 5 (percentil větší než 16). Test dobré shody (chí-kvadrát) odhalil statisticky významný vztah mezi příslušností k diagnostické skupině a zařazením do percentilové kategorie ($\chi^2(4) = 34,96$; $p < 0,001$; $\gamma = -0,51$). Znamená to, že intaktní děti dosahovaly vyšších skóru a jejich kopie byly přesnější.

U subtestu pro Okamžité vybavení byly hrubé skóry dle věku dítěte převedeny na T-skóry ($M = 50$; $SD = 10$) a na percentilové normy. Průměrný percentil počítaný na 268 dětech byl nízký (16,81; $SD = 23,47$; Min. = 1; Max. = 93). Z důvodu zešíkmení dat a porušení předpokladu homogenity rozptylů jsme pro posouzení rozdílů mezi skupinami zvolili Mann-Whitneyho test. Byl nalezen signifikantní rozdíl ($W = 10865$; $p < 0,001$; $r^b = 0,24$) mezi intaktními dětmi, které dosahovaly lepšího výkonu ($M = 20,94$; $SD = 26,12$; $SE = 2,44$), a dětmi s obtížemi ($M = 13,71$; $SD = 20,83$; $SE = 1,68$).

Tabulka 7

Převod percentilových skóreů na kategorie u subtestu Kopie

Kategorie	Percentil	Věk dítěte					
		8-8½	8½-9	9-9½	9½-10	10-11	11-12
1	≤ 1	0,0-16,0	0,0-18,5	0,0-21,0	0,0-23,0	0,0-25,5	0,0-27,0
2	2-5	16,5-19,0	19,0-21,5	21,5-23,5	23,5-25,5	26,0-27,5	27,5-29,0
3	6-10	19,5-20,5	22,0-23,0	24,0-25,0	26,0-26,5	28,0-28,5	29,5-30,0
4	11-16	21,0-22,0	23,5-24,5	25,5-26,5	27,0-28,0	29,0-29,5	30,5-31,0
5	> 16	22,5-36,0	25,0-36,0	27,0-36,0	28,5-36,0	30,0-36,0	31,5-36,0

Byly provedeny korelační analýzy mezi jednotlivými faktory popisujícími projev horních smyček a oběma subtesty RCFT, Kopie a Okamžité vybavení. Ani v jednom případě nebyly nalezeny statisticky významné korelace. Pouze u kinematického faktoru u horních smyček jsme našli slabší vztah se skórem v subtestu Okamžité vybavení ($r = 0,11$), tato asociace však nebyla statisticky signifikantní ($p = 0,068$).

Z parametrů přepisu lze na vzorku žáků třetího ročníku zmínit negativní vztah mezi subtestem Kopie a *neschopností rozlišovat výšku písmen* ($r = -0,35$, $p < 0,001$) a *vyšší variabilitou rychlosti* ($r = -0,24$, $p = 0,013$). Obdobně u žáků čtvrtého ročníku normovaný skóre v subtestu Kopie negativně koreloval s *vyšší variabilitou rychlosti* ($r = -0,27$, $p < 0,001$), *neschopností rozlišovat výšku písmen* ($r = -0,20$, $p = 0,010$) a *vizuoprostorovými deficitem* ($r = -0,20$, $p = 0,010$). Děti z obou ročníků, které měly horší konstrukční schopnosti a nedokázaly přesně kopírovat komplexní figuru, nedokázaly dobře rozlišovat mezi výškou jednotlivých písmen a často měnily rychlost psaní. Zároveň děti ve čtvrtém ročníku strávily více času nad papírem než samotným kreslením.

V případě úlohy na Okamžité vybavení byl normativní skóre u žáků třetího ročníku negativně asociován s *neschopností rozlišovat výšku písmen* ($r = -0,25$, $p = 0,011$) a *vyšší variabilitou zrychlení* ($r = -0,20$, $p = 0,035$). U žáků čtvrtého ročníku výkon ve vybavovacím subtestu souvisel s parametry *vyšší variabilita zrychlení* ($r = -0,25$, $p = 0,001$) a *vyšší variabilita rychlosti* ($r = -0,29$, $p < 0,001$). Děti ze třetích ročníků, které měly obtíže s vizuospaciálním vybavením, měly zároveň i obtíže s rozlišováním výšky písmen a psaly hodně dynamicky (často se měnilo zrychlení při psaní). Žáci ve čtvrtých ročnících s obtížemi při překreslení a vybavení obrázku komplexní figury pak často měnili rychlost psaní a psali mnohem dynamičtěji (zrychlení pohybu).

Zkouška psaní: Přepis

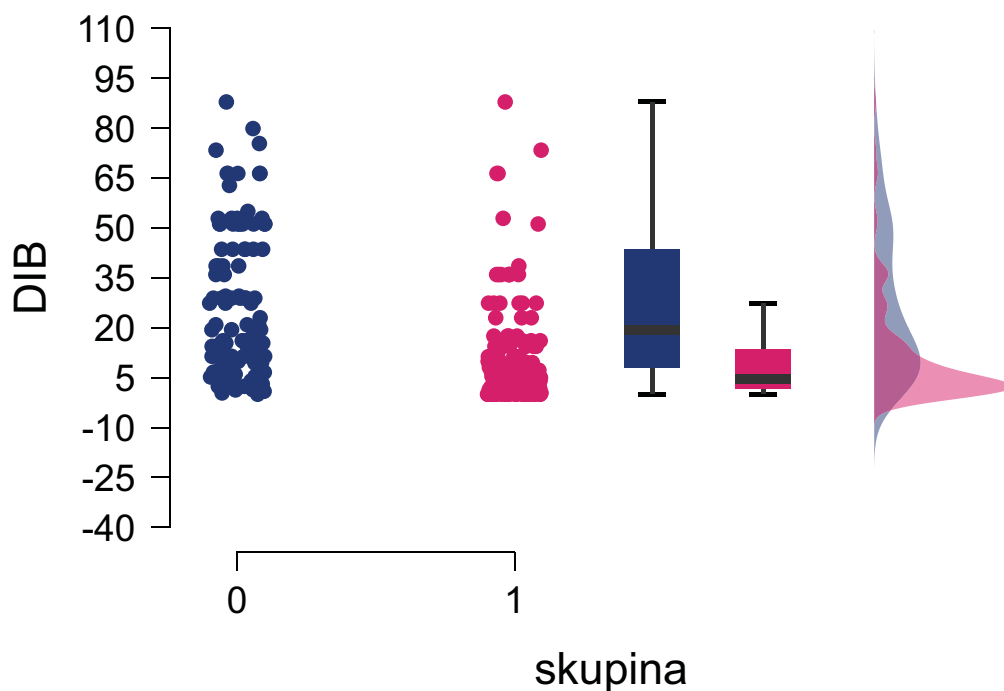
V rámci diagnostiky specifických poruch učení a konkrétně obtíží se psaním se v české poradenské praxi používá diagnostický přepis a diktát. Přepis je založen převážně na vizuální percepci. Dítě jednak musí znát podobu psacích písmen a jednak je musí umět propojit s jejich tiskací formou. Text je sestavený tak, aby obsahoval co nejmenší počet gramatických jevů. Naopak sleduje výskyt specifických chyb, jejichž výskyt upozorňuje spíše na oslabení fonologického uvědomění a dalších schopností a dovedností, které se podílejí na psaném projevu (Bednářová a kol., 2015).

V kapitole Vývoj škály GHDRS a výběr testových úkolů jsme provedli několik analýz, které nás vedly k rozhodnutí použít pro DiaGraMo jenom zadání úkolu Přepis. Zde se proto zaměříme pouze na deskriptivní statistiky, rozdíly v chybovosti u přepisu a korelační analýzu s parametry DiaGraMa. Počty chyb u všech hodnotitelů (viz podkapitola Shoda posuzovatelů: Přepis a Diktát) byly převedeny na jeden celkový skóre (vážený a aritmetický průměr) a tomu byl přidělen percentil dle věkových norem. Provedli jsme srovnání s pomocí série Mann-Withneyho testů a ve všech typech chyb jsme našli statisticky významné rozdíly, kromě chyb v prohození pořadí písmen (inverze). Děti s diagnostikovanými obtížemi v psaní měly horší výsledky a dělaly více chyb než děti bez obtíží.

Dále jsme se zaměřili na rozdíly v celkovém počtu chyb (percentilový skóre) mezi dětmi bez obtíží a dětmi s obtížemi v psaní. Hypotéza byla nastavena dle očekávání, že děti bez obtíží budou dělat mnohem méně chyb. Zvolili jsme Mann-Whitneyho U test vzhledem k tomu, že došlo k porušení předpokladu normality rozložení (Shapiro-Wilk test) a rovnosti mezi rozptyly (Levenův test). Test přinesl signifikantní rozdíl ($U = 12956,5$, $p = 3,634 \times 10^{-13}$, $r^B = 0,52$). Výsledek potvrdil náš předpoklad, že děti bez obtíží dosáhly výrazně vyššího průměrného percentilu ($M = 25,63$, $SD = 21,65$) a udělaly tak výrazně méně chyb než děti s obtížemi ($M = 10,45$; $SD = 15,11$). Srovnání skóre s jejich rozložením je znázorněno na grafu níže (viz **Obrázek 36**).

Obrázek 36

Srovnání dětí bez obtíží (0) s dětmi s obtížemi v psaní (1) v počtu chyb (DIB)



Normované hodnoty chybovosti z DIB jsme dále asociovali s jednotlivými parametry online písma. Nejvýraznější vztahy byly zachyceny s parametry přepisu *neschopnost rozlišovat výšku písmen* (3. ročník: $r = -0,29$, $p = 0,002$; 4. ročník: $r = -0,30$, $p < 0,001$), *neschopnost provádět delší tahy* (4. ročník: $r = -0,22$, $p = 0,005$), či *dlouhá doba psaní* (3. ročník: $r = -0,21$, $p = 0,030$; 4. ročník: $r = -0,27$, $p < 0,001$). Znamená to, že děti, které udělaly více chyb v přepisu, měly větší problémy s rozlišováním velikosti písmen a psaly přepis déle (v obou ročnících) a nepsaly přepis plynule (čtvrtý ročník).

Hodnocení kvality produktu

Z hlediska české i zahraniční poradenské praxe je zvykem hodnotit kvalitu výsledného provedení grafomotorických elementů (např. u školní zralosti) nebo psaného produktu (spíše zahraniční metody a screeningové dotazníky). V rámci kvality se většinou dotazníky zabývají celkovým dojmem z psaného projevu (holistický přístup) nebo hodnotí jednotlivé projevy (např. udržení se na řádku, uzavřenost písmen atp.; analytický přístup; Příhoda, 1941; Rosenblum a kol., 2003). Detailní přehled jednotlivých zahraničních dotazníků a jejich psychometrických vlastností může čtenář najít v knize Grafomotorické dovednosti (Šafářová a kol., 2022).

Pro posouzení kvality grafomotorických elementů jsme sestavili vlastní škálu. Inspirací pro tuto škálu jsme našli jednak v hodnoceních již existujících diagnostických baterií jako například MaTerS (Vlčková a Poláková, 2014) nebo Diagnostika dítěte předškolního věku (Bednářová a Šmardová, 2015). Dále jsme vycházeli z variability nasbíraných dat. Jednotlivé položky byly navrženy tak, aby hodnotily kvalitativně stejné nebo podobné projevy (např. položka hodnotící třes v lince se objevuje u každého elementu) a zároveň aby obsahovaly specifické projevy (např. u cik-cak čáry schopnost dítěte se na vrcholu zastavit a změnit směr).

Každý element byl hodnocen sedmi položkami s binárním hodnocením 0 (dítě nezvládlo projev) nebo 1 (dítě zvládlo projev). Výsledný hrubý skóre odpovídá součtu všech položek a vyšší skóre znamená lepší grafomotorický projev. Pro zhodnocení námi navrženého systému jsme provedli analýzu spolehlivosti hodnocení (reliabilita jako vnitřní konzistence) pro všechny elementy dohromady.

Vnitřní konzistence pro hodnocení součtových skóre všech grafomotorických elementů v podmínce rychlosti se rovná 0,73 (McDonaldova omega), což lze považovat za indikátor dostatečné spolehlivosti hodnocení. Odstranění kterékoliv položky (součtového skóre) by nezlepšilo vnitřní konzistenci hodnocení. Hodnoty korelačních koeficientů mezi elementy se pohybují v rozmezí od 0,36 do 0,53. Nejnižší hodnoty korelačních koeficientů dosahují elementy velká spirála (0,37) a malá spirála (0,36). Můžeme tedy uvažovat o vyškrtnutí těchto elementů, protože nekorespondují s celkovým hodnocením grafomotorických elementů. Pro podmínku přesnosti je vnitřní konzistence 0,53. Tato hodnota by se nezvýšila vyřazením žádného součtového skóre. Hodnoty korelačních koeficientů mezi elementy se pohybují v rozmezí od 0,30 do 0,36. Tyto hodnoty jsou nízké a nekorespondují s celkovým hodnocením grafomotorických elementů pro podmínku přesnosti.

Výsledný produkt psaní byl posouzen s pomocí Škály čitelnosti rukopisu (Handwriting Legibility Scale, HLS; Barnett a kol., 2018; Barnett a Prunty, 2017). Jedná se o rychlý screeningový test obsahující pět položek. První tři položky hodnotí celkový dojem a zbylé dvě jsou zaměřeny na projevy obtíží ve psaní na úrovni jednotlivých písmen a slov. V roce 2023 byla vydána publikace (Čunek a kol., 2023), která ověřovala a podpořila obsahovou validitu a reliabilitu u této škály na českém vzorku.

Přepis byl hodnocen zaslepeným hodnotitelem (tj. bez znalosti, do které skupiny dítě patří) z výzkumného týmu (viz kapitola Vývoj škály GHDRS). Celkem bylo hodnoceno 267 textů. Chybějící texty ($N = 3$) byly vyřazeny z důvodu chyb při administraci (např. nesprávně nahraná data nebo záznam tiskacího písma). Průměrné hodnocení textů přepisu je 14,06 ($SD = 4,49$) z celkového bodového rozmezí od 6 do 25 bodů.

Vnitřní konzistence hodnocení pro přepis je 0,90 (McDonaldova omega), což znamená vysokou spolehlivost hodnocení. Vnitřní konzistence hodnocení by se zvýšila (0,92), kdyby byla odstraněna poslední položka "Změny". Tato položka hodnotí celkový dojem z pokusů o opravy písmen ve slovech. Zahnuje přidání prvků, opakované obtažení nebo přepisování písmem. Nicméně v takto krátkém screeningovém dotazníku s tak vysokou vnitřní konzistencí není nutné tuto položku odstranit.

V rámci korelační analýzy jsme se dívali na vztahy mezi hodnocením horních smyček a oběma faktory pro horní smyčky. U přepisu jsme se zaměřili na vztah mezi HLS a jednotlivými parametry. Korelační analýza ukázala na slabé vztahy mezi hodnocením horních smyček a Kinematickými schopnostmi ($r = -0,13, p < 0,05$) a Prostorovými schopnostmi ($r = -0,21, p < 0,01$). Znamená to, že děti, jejichž horní smyčky byly hůře hodnocené z hlediska kvality jejich provedení, kreslily smyčky více trhaně a pomaleji (Kinematické schopnosti) a jejich smyčky se často křížily a nebyly nakreslené v jedné rovině (Prostorové schopnosti).

Z parametrů přepisu lze zmínit pozitivní korelaci mezi HLS a *neschopností rozlišovat výšku písmen* (3. ročník: $r = 0,40, p < 0,001$; 4. ročník: $r = 0,45, p < 0,001$), *vyšší variabilitou rychlosti* (3. ročník: $r = 0,44, p < 0,001$; 4. ročník: $r = 0,45, p < 0,001$), *neschopností provádět delší tahy* (4. ročník: $r = 0,38, p < 0,001$) či *dlouhou dobou psaní* (4. ročník: $r = 0,44, p < 0,001$). V obou ročnících děti, jejichž hodnocení psaného textu bylo horší, nebyly schopny rozlišovat velikost jednotlivých písmen a při psaní často měnily rychlost. Ve čtvrtém ročníku navíc těmto dětem trvalo déle přepsání textu a často přerušovaly psaní.

Sebeposouzení

Studie ukazují, že pohled dítěte na svůj vlastní výkon se může lišit od názoru dospělého (např. rodiče, učitelé nebo odborníci v poradenském zařízení; Germano a kol., 2016). Už delší dobu proto v našich projektech pracujeme se sebeposuzovacím Screeningovým dotazníkem úrovně písemného projevu pro dítě (Handwriting Proficiency Screening Questionnaire for Children, HPSQ-C; Rosenblum a Gafni-Lachet, 2015), ve kterém žáci hodnotí svoje psaní ve třech složkách: (1) v čitelnosti; (2) ve výkonu a (3) ve well-beingu. Obsahová i souběžná validita a reliabilita tohoto dotazníku byly opakovaně prokázány na českém vzorku dětí (Čunek a kol., 2023; Šafářová a kol., 2020).

Data z dotazníku máme od 264 dětí, od 6 dětí sebehodnocení chybí. Je to z toho důvodu, že když dítě nezaškrtně políčko s danou položkou, nezapočítáváme ho z důvodu zkreslení do celkového sumativního skóru. Průměrné celkové sebehodnocení rukopisu je 13,96 se směrodatnou odchylkou 5,44. Dítě, které ohodnotilo svůj rukopis jako nejlepší, dosáhlo 4 bodů (minimum) a naopak dítě, které ho hodnotilo jako neobratný, dosáhlo 29 bodů (maximum).

Všechny složky i celkový skór rozlišují mezi dětmi s obtížemi v psaní a intaktními dětmi. Výsledky jednotlivých testů (Mann-Whitney) jsou zobrazeny v **Tabulce 8**. Směr hypotézy byl specifikován tak, že skupina bez obtíží měla dosahovat nižších průměrů. Velikost efektu (ES) je zde počítána jako pořadová biseriální korelace (rank-biserial correlation). Ve všech faktorech dosáhly intaktní děti nižšího průměrného skóru, což svědčí o tom, že děti z této skupiny subjektivně nereflektují obtíže se psáním. Vnitřní konzistence faktoru čitelnosti je 0,65, pro výkonový faktor je 0,38 a pro faktor well beingu je 0,6.

Tabulka 8

U-testy pro substesty HPSQ-C s p-hodnotou a velikostí efektu

Faktory HPSQ-C	W	p	ES	SE r ^B
Čitelnost	5796,00	< 0,001	-0,34	0,07
Výkon	7154,00	0,0040	-0,19	0,07
Well-being	7602,50	0,0490	0,12	0,07
Celkový skór	6085,50	< 0,001	-0,28	0,07

Faktor Kinematické schopnosti u horních smyček negativně koreloval se skórem z dotazníku HPSQ-C ($r = -0,16$, $p = 0,012$). Při bližším prozkoumání, jak vypadá asociace mezi výše zmíněnými proměnnými v rámci jednotlivých ročníků, jsme zjistili, že tento vztah je užší ve třetím ročníku ($r = -0,31$, $p = 0,001$). Tento vztah nebyl nalezen u žáků čtvrtého ročníku a ani pro Prostorové schopnosti popisující horní smyčky. Podobné rozdíly v asociacích jsme našli také při provedení korelační analýzy zvláště pro skupinu intaktních dětí a dětí s dysgrafií. Znamená to, že děti, které měly zhoršené kinematické projevy při provádění horních smyček, považovali svůj projev za méně problémový. I když se na první pohled zdá, že tento vztah by měl být opačný, můžeme zde najít několik způsobů, jak tento vztah vysvětlit. Prvním z vysvětlení může být obrácené zadání, tedy že místo zadání na přesnost dostaly děti zadání, aby kreslily smyčky rychle. Dalším možným důvodem je vnímaná pečlivost při provádění úkolu. V praxi se ukazuje, že děti (převážně dívky) jsou více pečlivé (až úzkostné) při grafomotorických úkolech a pomalý projev většinou souvisí s lepším výkonem (Petrová a kol., 2012). Tato hypotéza však zatím nebyla ověřena.

U parametrů přepisu byla nejvýraznější asociace u žáků třetích ročníků nalezena s parametrem *neschopnost rozlišovat výšku písmen* ($r = 0,35$, $p < 0,001$) a *nestabilní tlak na hrot pera* ($r = 0,19$, $p = 0,054$), ačkoliv vztah s druhým zmíněným parametrem nebyl statisticky signifikantní. Můžeme tedy říct, že děti, které u sebe vnímají jisté obtíže se psaním, mají problém s rozlišováním výšky jednotlivých písmen. Na vzorku žáků čtvrtých ročníků bylo horší sebehodnocení písemného projevu spjato s nižšími hodnotami v parametrech *neschopnost rozlišovat výšku písmen* ($r = 0,24$, $p = 0,003$), *neschopnost provádět delší tahy* ($r = 0,25$, $p = 0,002$), *vizuoprostorové deficit* ($r = 0,19$, $p = 0,021$) a *dlouhá doba psaní* ($r = 0,24$, $p = 0,003$). U dětí, které reportovaly obtíže v psaní, se projevila neschopnost dostatečně rozlišovat mezi velikostí písmen, často zvedaly pero a přerušovaly psaní, trávily mnohem více času nad papírem než samotným psaním a psaní jim trvalo mnohem déle.

Shrnutí výsledků o konvergentní validitě

V předcházejících kapitolách jsme v rámci korelačních analýz uváděli jenom nejsilnější vztahy a interpretovali je vzhledem k výkonu v metodě DiaGraMo. V této podkapitole ukážeme všechny výsledky korelačních analýz formou shrnujících tabulek. Jednotlivé vztahy byly hledány mezi původními faktory GHDRS pro horní smyčky (ověřenými v kapitole Vývoj škály GHDRS), parametry online písma charakterizujícími přepis a jednotlivými validizačními nástroji:

- Fonologická kompetence: Sluchová analýza (BACH: SA) a Sluchová syntéza (BACH: SS)
- Fonologická manipulace (BACH: FM)
- Vizuální diferenciaci (BACH: VD)
- Rey-Osterriethova komplexní figura: Kopie (RCFT: K) a Okamžité vybavení (RCFT: OV)
- Zkouška psaní a hodnocení chybovosti v přepisu (DIB)
- Hodnocení kvality produktu: Hodnocení horních smyček (HS) a hodnocení přepisu (HLS)
- Sebeuposouzení (HPSQ-C)

Nejdříve shrneme výsledky pro zadání horních smyček. V **Tabulce 9** jsou prezentovány průměry (M), standardní odchylky (SD), korelační koeficienty a jejich 95% interval spolehlivosti v hranatých závorkách. Signifikantní vztahy jsou zvýrazněny modrou barvou. Výsledky korelační analýzy ukázaly na silný negativní vztah mezi Kinematickými schopnostmi a Prostorovými schopnostmi. Znamená to, že čím pomaleji dítě smyčky kreslilo, tím hezčeji smyčky vypadaly, tzn. nekřížily se a byly nakresleny v jedné rovině.

Výsledky dále ukazují, že statisticky významné vztahy byly nalezeny mezi faktorem Kinematické schopnosti a hodnocením horních smyček (HS; viz podkapitola Hodnocení kvality produktu) a sebeuposouzením dětí (HPSQ-C). Poslední zmíněný má navíc opačnou interpretaci. Děti, které hodnotily svůj rukopis jako méně čitelný a subjektivně uváděly potíže se psáním, provedly smyčky rychleji. Nabízí se vysvětlení zmíněné v kapitole Finální výběr testových úkolů, které souvisí s odlišnou administrací vyžadující rychlost.

Dalším možným vysvětlením je nejasný vztah mezi rychlostí a čitelností (Šafárová a kol., 2022) podobný tomu, který byl nalezen mezi Kinematickými a Prostorovými schopnostmi. Ukazuje se, že mezi rychlostí a čitelností existuje určitý trade-off (Graham a kol., 1998), kdy rychlejší psaní vede k zhoršenému projevu a naopak. Podobný vztah uvádějí i kolegové z poradenské praxe, i když to není vždy pravidlem. Je možné, že děti, které subjektivně vnímají obtíže se psáním, chtěly cvičení provést co nejrychleji, aby ho měly za sebou.

Tabulka 9

Korelační koeficienty mezi faktory horních smyček a validizačními nástroji

Proměnná	M	SD	KS	PS
Kinematické schopnosti (KS)	-0,00	1,00		
Prostorové schopnosti (PS)	0,00	0,77	-0,42** [-0,52, -0,32]	
HS	4,18	1,60	-0,13* [-0,25, -0,01]	-0,21** [-0,32, -0,09]
HPSQ-C	13,96	5,45	-0,16* [-0,27, -0,04]	0,12 [-0,00, 0,24]
BACH: VD	100,03	16,12	0,07 [-0,05, 0,19]	-0,08 [-0,20, 0,05]
RCFT: K	2,54	1,70	0,04 [-0,09, 0,16]	-0,09 [-0,21, 0,03]
RCFT: OV	34,91	11,42	0,11 [-0,01, 0,23]	-0,08 [-0,20, 0,04]

Pozn: * znamená $p < 0,05$, ** znamená $p < 0,01$

V následujícím textu budeme pokračovat přehledem výsledků pro zadání přepisu. Zde uvedeme výsledky podrobněji pro jednotlivé parametry rozdělené dle původích faktorů na Kinematické schopnosti a Vizuoprostorové a kognitivní schopnosti. Navíc budou výsledky prezentovány pro jednotlivé ročníky zvlášť.

V **Tabulkách 10 a 11** jsou znázorněny průměry (*M*), směrodatné odchylky (*SD*) a korelační koeficienty pro jednotlivé **kinematické parametry**: *dlouhá doba psaní (DDP)*, *vyšší variabilita zrychlení (VVZ)*, *vyšší variabilita rychlosti (VVR)*, *postupně klesající zrychlení (PKZ)* a *postupně klesající rychlost (PKR)*; a pro **vizuoprostorové a kognitivní parametry**: *neschopnost rozlišovat výšku písmen (NRVP)*, *neschopnost provádět delší tahy (NPDT)*, *nestabilní tlak na hrot pera (NTHP)* a *vizuoprostorové deficity (VD)*. Pod korelačním koeficientem je vždy uveden 95% interval spolehlivosti. Modrou barvou jsou zvýrazněny statisticky významné korelace (* znamená $p < 0,05$, ** znamená $p < 0,01$).

Tabulka 10

Korelační koeficienty mezi online parametry přepisu a validizačními nástroji pro třetí ročník

TEST	M	SD	KINEMATICKÉ SCHOPNOSTI					PROSTOROVÉ SCHOPNOSTI			
			DDP	VVZ	VVR	PKZ	PKR	NRVP	NPDT	NTHP	VD
BACH: SA	105,29	14,94	0,04 [-0,15, 0,23]	0,05 [-0,14, 0,24]	0,03 [-0,16, 0,22]	0,14 [-0,05, 0,33]	-0,10 [-0,29, 0,09]	-0,10 [-0,28, 0,10]	0,05 [-0,14, 0,24]	-0,12 [-0,30, 0,08]	0,04 [-0,15, 0,23]
BACH: SS	99,03	12,96	-0,21* [-0,39, -0,02]	0,03 [-0,16, 0,22]	-0,02 [-0,21, 0,17]	0,08 [-0,11, 0,26]	-0,19* [-0,37, -0,00]	-0,31** [-0,47, -0,12]	-0,21* [-0,38, -0,02]	0,08 [-0,11, 0,27]	-0,08 [-0,27, 0,11]
BACH: FM	104,76	12,75	-0,21* [-0,39, -0,03]	0,03 [-0,16, 0,22]	-0,01 [-0,19, 0,18]	0,05 [-0,14, 0,23]	-0,16 [-0,34, 0,03]	-0,37** [-0,52, -0,20]	-0,22* [-0,39, -0,03]	-0,01 [-0,19, 0,18]	-0,12 [-0,30, 0,07]
BACH: VD	99,00	15,99	-0,09 [-0,27, 0,11]	-0,18 [-0,36, 0,01]	-0,20* [-0,37, -0,01]	0,09 [-0,10, 0,27]	-0,04 [-0,23, 0,15]	-0,51** [-0,64, -0,35]	-0,20* [-0,38, -0,01]	-0,04 [-0,23, 0,15]	-0,23* [-0,41, -0,05]
RCFT-K	2,40	1,64	-0,11 [-0,30, 0,08]	-0,15 [-0,33, 0,04]	-0,24* [-0,41, -0,05]	-0,05 [-0,23, 0,15]	-0,18 [-0,36, 0,01]	-0,35** [-0,51, -0,17]	-0,12 [-0,31, 0,07]	-0,10 [-0,28, 0,09]	-0,09 [-0,27, 0,11]
RCFT-OV	34,36	10,84	-0,06 [-0,25, 0,13]	-0,20* [-0,38, -0,01]	-0,16 [-0,34, 0,03]	-0,07 [-0,26, 0,12]	-0,10 [-0,28, 0,10]	-0,25* [-0,42, -0,06]	-0,02 [-0,21, 0,17]	-0,09 [-0,28, 0,10]	-0,16 [-0,34, 0,03]
DIB	21,56	22,61	-0,21* [-0,38, -0,02]	-0,09 [-0,28, 0,10]	-0,11 [-0,30, 0,08]	0,03 [-0,16, 0,21]	-0,19* [-0,37, -0,00]	-0,29** [-0,46, -0,11]	-0,15 [-0,33, 0,04]	-0,08 [-0,27, 0,11]	-0,14 [-0,32, 0,05]
HLS	14,23	4,70	0,18 [-0,01, 0,36]	0,28** [0,10, 0,45]	0,44** [0,27, 0,58]	0,07 [-0,12, 0,26]	0,33** [0,15, 0,49]	0,40** [0,23, 0,55]	0,15 [-0,04, 0,33]	0,13 [-0,06, 0,31]	0,17 [-0,01, 0,35]
HPSQ-C	13,31	5,58	0,13 [-0,07, 0,31]	0,14 [-0,05, 0,33]	0,16 [-0,04, 0,34]	0,09 [-0,10, 0,28]	0,11 [-0,09, 0,29]	0,35** [0,17, 0,51]	0,17 [-0,02, 0,35]	0,19 [-0,00, 0,37]	0,17 [-0,02, 0,35]

Tabulka 11

Korelační koeficienty mezi online parametry přepisu a validizačními nástroji pro čtvrtý ročník

TEST	M	SD	KINEMATICKÉ SCHOPNOSTI					PROSTOROVÉ SCHOPNOSTI			
			DDP	VVZ	VVR	PKZ	PKR	NRVP	NPDT	NTHP	VD
BACH: SA	106,81	15,80	-0,04 [-0,19, 0,12]	-0,01 [-0,16, 0,15]	-0,06 [-0,21, 0,10]	-0,03 [-0,19, 0,12]	0,07 [-0,08, 0,23]	-0,14 [-0,29, 0,02]	-0,08 [-0,23, 0,08]	0,08 [-0,07, 0,24]	-0,01 [-0,17, 0,14]
BACH: SS	96,58	13,30	-0,07 [-0,22, 0,09]	-0,06 [-0,21, 0,10]	-0,14 [-0,29, 0,01]	-0,01 [-0,17, 0,15]	-0,02 [-0,18, 0,13]	-0,16* [-0,31, -0,00]	-0,07 [-0,23, 0,08]	0,01 [-0,15, 0,16]	-0,06 [-0,22, 0,09]
BACH: FM	99,54	12,51	-0,33** [-0,46, -0,18]	0,03 [-0,13, 0,19]	-0,06 [-0,22, 0,10]	0,06 [-0,09, 0,22]	-0,24** [-0,38, -0,09]	-0,27** [-0,41, -0,11]	-0,34** [-0,47, -0,20]	-0,1 [-0,25, 0,06]	-0,23** [-0,38, -0,08]
BACH: VD	100,34	16,47	-0,15 [-0,30, 0,01]	0,01 [-0,15, 0,16]	-0,04 [-0,20, 0,11]	0,08 [-0,08, 0,24]	-0,02 [-0,18, 0,14]	-0,20* [-0,35, -0,04]	-0,08 [-0,24, 0,08]	0,09 [-0,07, 0,24]	-0,14 [-0,29, 0,02]
RCFT-K	2,59	1,74	-0,11 [-0,27, 0,04]	-0,20* [-0,35, -0,05]	-0,27** [-0,41, -0,12]	0,03 [-0,13, 0,18]	-0,19* [-0,34, -0,03]	-0,20* [-0,35, -0,05]	-0,01 [-0,17, 0,15]	-0,03 [-0,18, 0,13]	-0,20* [-0,35, -0,05]
RCFT-OV	35,11	11,78	0,00 [-0,15, 0,16]	-0,25** [-0,39, -0,10]	-0,29** [-0,43, -0,14]	-0,07 [-0,22, 0,09]	-0,17* [-0,32, -0,02]	-0,13 [-0,28, 0,03]	0,1 [-0,05, 0,25]	-0,06 [-0,21, 0,10]	-0,16 [-0,30, 0,00]
DIB	13,93	16,79	-0,27** [-0,41, -0,11]	-0,04 [-0,20, 0,11]	-0,13 [-0,28, 0,03]	0,10 [-0,06, 0,26]	-0,14 [-0,29, 0,01]	-0,30** [-0,44, -0,15]	-0,23** [-0,37, -0,07]	-0,02 [-0,18, 0,13]	-0,20* [-0,34, -0,04]
HLS	13,94	4,34	0,44** [0,31, 0,56]	0,18* [0,03, 0,33]	0,45** [0,31, 0,56]	-0,07 [-0,22, 0,09]	0,26** [0,11, 0,40]	0,45** [0,32, 0,57]	0,38** [0,23, 0,50]	0,17* [0,02, 0,32]	0,26** [0,11, 0,40]
HPSQ-C	14,39	5,32	0,24** [0,08, 0,38]	0,05 [-0,10, 0,21]	0,13 [-0,03, 0,28]	-0,01 [-0,17, 0,14]	0,13 [-0,03, 0,28]	0,24** [0,08, 0,38]	0,25** [0,10, 0,39]	0,11 [-0,05, 0,26]	0,19* [0,03, 0,33]

Fonologické uvědomění

Mezi subtesty fonologického uvědomění, tedy schopnosti pracovat se zvukovou stránkou jazyka, jsme zařadili testy fonologické kompetence (sluchovou syntézu a sluchovou analýzu) a test fonologické manipulace. Z kinematických parametrů měly k těmto testům vztah jenom parametry *dlouhá doba psaní* a *postupně klesající rychlost* v obou ročnících.

Ani v jednom ročníku nebyly nalezeny vztahy mezi kinematickými parametry a výkonem v subtestu sluchové analýzy. Navíc ve čtvrtém ročníku nebyly nalezeny asociace ani k výkonu v testu sluchové syntézy. Z vývojového hlediska dochází nejdříve k rozvoji sluchové syntézy, po ní sluchové analýzy (konec 1. ročníku) a nakonec fonologické manipulace s vrcholem mezi třetím a čtvrtým ročníkem. Subtest sluchové analýzy měl být tudíž pro děti s obtížemi v psaní obtížnější.

U prostorových parametrů ve třetím ročníku byly zhoršené schopnosti dětí skládat hlásky do slov a manipulovat s nimi asociovány se zhoršenou schopností rozlišovat výšku písmen a s častějším přerušováním psaní (viz **Tabulka 10**). Ve čtvrtém ročníku se horší výkon v testu fonologické manipulace vztahoval navíc i k většímu množství času strávenému nad povrchem tabletu při psaní přepisu (viz **Tabulka 11**).

Tyto vztahy mohou také indikovat obtíže s ortografickým kódováním. Ty jsou charakterizovány jako znalost toho, jak správně zapsat slova (vzorce písmen, kombinace písmen ve slovech, pozice písmen ve slovech atp.; Zarić a kol., 2021). Znamená to, že dítě, které bude přemýšlet, jak má napsat slovo z hlediska pořadí písmen a jejich vzájemných vztahů, bude častěji přerušovat svoje psaní a přemýšlet nad tím, jak se slovo píše, tudíž bude držet tužku nad papírem. Dle současných teorií psaní (McCloskey a Rapp, 2017; Van Galen, 1991) následuje po schopnosti správně vybrat pořadí písmen ve slově výběr alografů. Zde se mentální reprezentaci písmene přiřadí jeho správný tvar (např. velké písmeno na začátku věty, nebo zda se jedná o psací nebo tiskací písmo atd). Obtíže v ortografické dovednosti tak mohou mít vliv na sníženou schopnost rozlišovat velikost jednotlivých písmen. Tuto hypotézu však bude potřeba v budoucnu ještě ověřit.

U testů zkoumající fonologické uvědomění a parametry z nástroje DiaGraMo jsme našli jenom pár statisticky významných korelací. Naše výsledky podporují spíše pohled české praxe, kde je vývojová dysgrafie vnímaná jako porucha jemné motoriky a nemusí nutně souviset s deficitem v oblasti sluchové percepce a fonologického uvědomění. Navíc, jak jsme zmínili v úvodu kapitoly o fonologickém uvědomění, v psaní se tento deficit projevuje neschopností rozlišovat hranice slov a zkomolením respektive vynecháním písmen ve slovech (Bednářová a kol., 2015). Do jisté míry byly tyto obtíže zachyceny prostorovými parametry v obou ročnících.

Vizuální percepce

Mezi testy hodnotící dovednosti vizuální percepce řadíme Test vizuální diference (BACH) a subtesty Kopie a Okamžité vybavení z Rey-Osterriethovy komplexní figury (RCFT). Z hlediska kinematických parametrů v obou ročnících nejčastěji korelovaly parametry popisující zvýšenou dynamiku psaní a časté

změny v rychlosti psaní. U čtvrtého ročníku se navíc u obou subtestů RCFT přidalo i postupné zpomalování psaní přepisu (viz **Tabulka 10 a 11**). Vztah mezi rychlostními parametry zcela chyběl ve čtvrtém ročníku s testem vizuální diference.

Z hlediska prostorových parametrů v obou ročnících se neschopnost rozlišovat symboly (Vizuální diference) a neschopnost překreslit a zapamatovat si vizuoprostorové vztahy (RCFT) pojila s neschopností rozlišovat velikost jednotlivých písmen ve slovech. Dále se obtíže ve vizuální diferenciaci ve třetím ročníku spojovaly s častějším přerušováním psaní a děti při psaní strávily více času nad podložkou tabletu (viz **Tabulka 10**). Ve čtvrtém ročníku se obtíže s kopírováním komplexní figury vztahovaly k delšímu času strávenému nad plochou tabletu než psaním (viz **Tabulka 11**).

Vizuospaciální a kognitivní parametry odkazují jednak na schopnost dítěte pracovat s prostorem (rozlišování výšky písmen, přerušování psaní) a jednak na procesy vizuální pracovní paměti (vizuoprostorové deficit). Dítě, které dosahuje vyšších skóre, tak nerozlišuje mezi velkými a malými písmeny, nedokáže plynule vést čáru aniž by ji přerušilo a tráví více času nad povrchem tabletu než psaním.

Zajímavý je zde ročníkový posun, kdy ve třetím ročníku nalezneme více vztahů k prostorovým parametrům a ve čtvrtém ročníku je přítomno více asociací s rychlostními parametry. Zde můžeme uvažovat o vlivu automatizace. Před ní se dítě více spoléhá na vizuální a proprioceptivní zpětnou vazbu, zatímco po ní se uvolňuje kapacita pro kognitivní a exekutivní funkce a vývoj se více zaměřuje na rozvoj rychlosti psaní (Palmis a kol., 2017; Ziviani a Wallen, 2006). Vztahy mezi testy vizuální percepce a jednotlivými parametry do jisté míry podporují konvergentní validitu nástroje DiaGraMo.

Zkouška psaní

Přepis je založen primárně na schopnosti vizuální percepce. Dítě musí znát správné formy písmen (jednotlivé alografy) a musí být schopno je převádět z tiskací na psací formu. Texty přepisu se zaměřují na gramatické chyby, ale spíše chyby, které odkazují na oslabení fonologického uvědomění. Míru této dovednosti popisují normované percentilové skóre ze zkoušek psaní (DIB, Bednářová a kol., 2015). Počty chyb ve čtvrtém ročníku měly převážně vztahy s vizuoprostorovými a kognitivními parametry (viz **Tabulky 10 a 11**).

Ve třetím ročníku se zvýšená chybovost (specifické chyby) pojila s neschopností dítěte rozlišovat výšku jednotlivých písmen. Ve čtvrtém ročníku se k tomuto vztahu přidalo ještě časté přerušování psaní a delší doba strávená nad tabletem (ve vzduchu). Vyšší míra specifických chyb byla také spojena s delší dobou, kdy dítě přepisovalo administrovaný text.

Hodnocení kvality (čitelnost)

Celkový skóre získaný z krátké screeningové Škály čitelnosti rukopisu (HLS) se ukázal jako nejlépe fungující validizační kritérium. Ve třetím ročníku jsme objevili asociace téměř se všemi kinematickými parametry, ale pouze s jedním prostorovým parametrem (viz **Tabulka 10**). Horší čitelnost přepisů u dětí

třetích ročníků souvisela s horší dynamikou rychlosti a děti často v průběhu psaní měnily rychlost a zrychlení a s postupem psaní jim klesala rychlost, pravděpodobně vlivem námahy při psaní. Zhoršená čitelnost dále souvisela s neschopností dětí rozlišovat mezi velikostmi jednotlivých písmen.

Ve čtvrtém ročníku byla horší čitelnost asociována s delší dobou psaní, častějšími změnami v rychlosti a zrychlení psaní a postupným klesáním rychlosti v průběhu psaní. Dále, děti se zhoršenou čitelností textu nedokázaly rozlišovat výšku písmen, častěji přerušovaly psaní, měnil se jim tlak v průběhu psaní a více času strávily nad podložkou tabletu (ve vzduchu) než samotným psaním (viz **Tabulka 11**).

I přesto, že se jedná jenom o krátkou screeningovou škálu, je to jediný nástroj ve validizačním setu nástrojů, který přímo hodnotí čitelnost textu. Je tedy přímo zaměřen na obtíže v grafomotorice a sleduje jejich projevy v textu. Zároveň jsou i parametry počítány ze stejného zápisu. Vztahy mezi HLS a jednotlivými parametry podporují konvergentní validitu nástroje DiaGraMo.

Sebeuposouzení

Vztahy s celkovým skórem získaným ze sebeuposuzovacího dotazníku HPSQ-C se projeví ve větší míře jenom s vizuoprostorovými a kognitivními parametry u dětí čtvrtého ročníku (viz **Tabulka 11**). Děti, které u sebe subjektivně vnímají obtíže se psaním, psaly přepis delší dobu, nedařilo se jim rozlišovat velikost písmen, často přerušovaly psaní a strávily s perem více času nad papírem než samotným psaním. Jejich psaný projev byl tedy pomalý a neplynulý. Je možné, že u dětí třetích ročníků ještě nedošlo k plné automatizaci psaní a projevy grafomotorických obtíží tak nebyly zcela rozpoznány.

Důkazy o diskriminační validitě

Ke zhodnocení prediktivní schopnosti parametrů horních smyček i přepisu správně kategorizovat mezi intaktními a dětmi s obtížemi jsme použili algoritmus strojového učení, a to náhodný les (random forest). Z tzv. hyperparametrů náhodného lesa jsme v rámci modelu nastavili 500 stromů; množství prediktorů (features), které jsou brány v potaz při rozvětvení uzlu (split node) bylo stanovena jako druhá odmocnina celkového počtu prediktorů v modelu ($\sqrt{9} = 3$ pro přepis; $\sqrt{7} \approx 3$, pro smyčky) a minimální velikost uzlu, po níž již nedochází k rozdělení uzlu, byla stanovena na 1.

Predikční schopnost parametrů horních smyček a parametrů přepisu byla ověřována zvlášť. Navíc vzhledem k odlišnému stimulu pro přepis proběhla analýza separátně v rámci každého ročníku. Data byla rozdělena v poměru 80/20 na trénovací, respektive testovací set. V rámci trénovacích dat jsme aplikovali pětinasobnou křížovou validizaci (5 fold) pro zhodnocení potenciální predikční schopnosti modelu. Ke zhodnocení modelu jsme použili matici záměn (confusion matrix), z níž lze odvodit řadu evaluačních metrik jako **celkovou přesnost klasifikace** (součet skutečně pozitivních a skutečně negativních případů vydělený celkovým počtem případů), **senzitivitu** (počet skutečně pozitivních případů vydělený součtem skutečně pozitivních a falešně pozitivních případů) či **specificitu** (počet skutečně

negativních případů vydělený součtem skutečně negativních a falešně negativních případů). Výsledky jsou popsány pro každý typ úlohy zvlášť.

Horní smyčky

Celková přesnost modelu činila 51,92 %. Správně bylo v testovacích datech identifikováno 66,67 % (senzitivita) dětí s obtížemi v psaní, avšak pouze 31,82 % intaktních (specifická). Z výsledků vyplynulo, že model popisující horní smyčky s jistou přesností dokáže detekovat děti s obtížemi, ale tato citlivost vůči diagnostické skupině není dostatečná. Model má navíc vysoký podíl falešně pozitivních případů, tudíž v nedostatečné míře rozlišuje děti bez obtíží. Tyto výsledky nás mj. vedly k rozhodnutí nepoužít zadání horních smyček v nástroji DiaGraMo (viz podkapitola Finální výběr testových úkolů).

Přepis

Přesnost na testovacích datech u žáků třetího ročníku byla 76,19 % a model správně identifikoval 72,73 % dětí s obtížemi (senzitivita) a 80 % intaktních (specifická). U žáků čtvrtých ročníků tato přesnost činila 73,33 % (senzitivita: 72,22 %; specifická: 75,00 %). Mezi parametry s největším vlivem na kategorizaci patřila u skupiny žáků 3. ročníku *neschopnost rozlišovat výšku písmen*, *neschopnost provádět delší tahy*, a *dlouhá doba psaní*. Při identifikaci dysgrafických dětí také u dětí navštěvujících 4. ročník ZŠ důležitou roli hrály *dlouhá doba psaní*, *vizuoprostorové deficity* a *neschopnost rozlišovat výšku písmen*.

Normy a popisné statistiky

Standardizační vzorek

Data pro standardizaci byla sbíraná od prosince 2021 do června 2023. Plánovali jsme do vzorku nasbírat celkově 300 dětí, ale průběh Covid-19 a přirozená výzkumná mortalita snížila výsledný počet dětí na 270. Do sběru dat se zapojily základní školy z několika krajů, konkrétně Jihomoravského, Královéhradeckého, Libereckého, Zlínského, Středočeského a Pardubického a pedagogicko-psychologické poradny z Královéhradeckého kraje. S pomocí třídních učitelů a speciálních pedagogů byly do vzorku vybrány děti, které splňovaly kritéria týkající se (1) ročníku, (2) obtíží se psaním a (3) pohlaví žáka (viz **Tabulka 12**).

- 1) Do vzorku byly vybrány **děti ze třetích a čtvrtých ročníků** základních škol. Vývojová dysgrafie se v praxi nejčastěji diagnostikuje v tomto období. Mezi osmým a desátým rokem dítěte dochází k automatizaci psaní a problémy se psaním jsou výraznější (Palmis a kol., 2017; Ziviani a Wallen, 2006). Z třetího ročníku bylo do vzorku vybráno 109 (40,37 %) dětí a ze čtvrtého ročníku 161 dětí (59,63 %). Průměrný věk žáka ve vzorku byl 9,78 roku ($SD = 0,72$).
- 2) Z celkového počtu 270 dětí tvoří normativní část vzorku **intaktní žáci** (IŽ) bez jakýchkoliv obtíží ($N = 115$; 42,59 %) a klinickou část vzorku žáci se specifickými vzdělávacími potřebami, konkrétně s diagnostikovanými **grafomotorickými obtížemi** (GO; $N = 155$; 57,41 %). Požadavkem v této kategorii bylo přibližně stejné rozložení dat v obou skupinách. Intaktní děti byly vybírány ze základních škol. Děti s obtížemi byly vybírány převážně z poradenských zařízení (PPP) nebo ze základních škol, přičemž splňovaly minimální podmínku podpůrného opatření 1. stupně.
- 3) Poslední kritérium se týká **zastoupení pohlaví** ve vzorku, protože obtíže se psaním se častěji vyskytují u chlapců než u dívek v poměru 3:1. Celkově je ve vzorku 198 chlapců (73,33 %) a 72 dívek (26,67 %).

Tabulka 12

Rozložení standardizačního vzorku

	3. ročník		4. ročník		Celkem
	Chlapci	Dívky	Chlapci	Dívky	
IŽ	34	16	51	14	115
GO	38	21	75	21	155
Celkem	72	37	126	35	270

Testovali jsme nezávislost zmíněných tří kritérií. Zajímalo nás, zda ročník, který žák navštěvuje, nebo jeho pohlaví ovlivňují příslušnost k diagnostické skupině. Provedli jsme chí-kvadrátové testy, které prokázaly nezávislost všech proměnných (ročník*skupina: $X^2(1) = 0,80$; $p = 0,37$; $\varphi = 0,05$; pohlaví*skupina: $X^2(1) = 0,03$; $p = 0,85$; $\varphi = 0,01$).

Sledovali jsme i několik dalších podmínek, které mohly vést k vyloučení dítěte z výběrového souboru. Mezi základními podmínkami bylo **místo narození** dítěte v České republice a **český jazyk**, kterým doma rodina mluví. V případě, že mateřským jazykem dítěte nebyla čeština, bylo vyloučeno ze vzorku. Jedno dítě se narodilo mimo území ČR, ale jeho domácí jazyk byl český, proto jsme se rozhodli toho dítěte ve vzorku ponechat. U dvou dětí nebylo místo narození uvedeno. Tyto děti byly ve vzorku ponechány. Celkem 260 dětí uvedlo jako rodný jazyk češtinu. Ve vzorku jsme zachovali i bilingvní děti s primárním českým jazykem (italština 1x; slovenština 3x; holandština 1x; arabština a bulharština 1x; angličtina 1x; španělština 1x). U dvou dětí nám informace o rodném jazyce chyběla, ale i přesto jsme se je rozhodli ve vzorku ponechat.

Podmínkou pro zařazení do výzkumného souboru byla diagnóza dysgrafie. V případě, že byla u dítěte diagnostikována jiná specifická porucha učení (např. dyslexie, dysortografie) a chyběly obtíže s grafomotorikou, bylo dítě vyloučeno ze vzorku. U pěti dětí právě probíhala diagnostika dysgrafie. O nich jsme uvažovali jako o dětech s obtížemi v rukopisu. Specifické poruchy učení se často objevují ve vzájemné **komorbiditě**, proto uvádíme tabulku četností jejich spoluvýskytu (**Tabulka 13**). Z celkového počtu 155 dětí s obtížemi v rukopisu mělo 34 dětí (21,94 %) přidružené další specifické poruchy učení.

Tabulka 13

Přehled diagnóz s komorbiditami v klinickém vzorku (N = 155)

Diagnóza	N
Dysgrafie	121
Dysgrafie a Dyslexie	18
Dysgrafie a Dysortografie	1
Dysgrafie a Dyskalkulie	1
Dysgrafie a Dyspraxie	2
Dysgrafie, Dyslexie a Dysortografie	8
Dysgrafie, Dyslexie a Dyskalkulie	3
Dysgrafie, Dyslexie, Dysortografie a Dyskalkulie	1

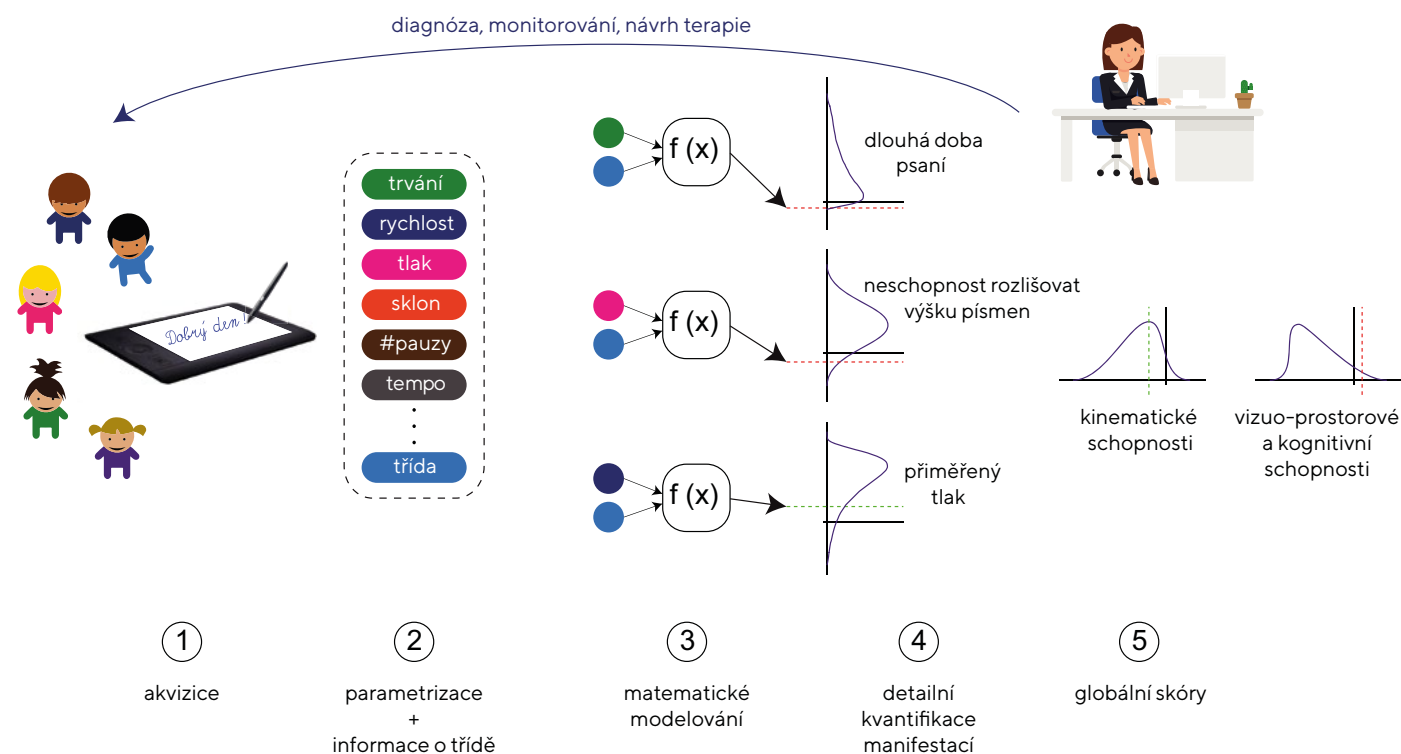
Normy

Jak bylo již řečeno, DiaGraMo staví na GHDRS škále (Mekyska a kol., 2024; Šafářová a kol., 2022), která umožňuje objektivní a detailní hodnocení manifestací spojených s poruchami psaní. Původní verze umožňuje i hodnocení grafomotorických obtíží na základě kvantitativní analýzy horních smyček. Nicméně ty byly na základě výše uvedených důvodů vypuštěny a GHDRS škála byla následně pro účely softwaru adaptována. Samotné hodnocení tedy probíhá v následujících krocích (viz **Obrázek 37**):

1. Dítě provede na tabletu přepis, přičemž konkrétní obsah přepisu závisí na třídě, kterou dítě navštěvuje).
2. Dítě píše na displej tabletu pomocí stylusu. Proces psaní je automaticky parametrizován pomocí algoritmů zpracování signálů.
3. Parametry jsou automaticky dosazeny do matematických modelů, přičemž každý model hodnotí závažnost jedné manifestace.
4. V tomto kroku má uživatel (speciální pedagog, psycholog atd.) komplexní informaci o tom, jaké manifestace spojené s poruchami psaní se u dítěte vyskytují, a jaká je jejich závažnost.
5. Nakonec ještě systém automaticky vygeneruje globální skóry, které uživateli umožní vyhodnotit kinematické a vizuo-prostorové a kognitivní schopnosti.

Obrázek 37

Proces hodnocení na základě GHDRS škály



Oproti původní verzi byla změněna skladba hodnocených manifestací. Konkrétně v druhé verzi vypadla manifestace “Časté přepisování”, protože je tato manifestace kvantifikována algoritmem vyžadujícím vysoký výpočetní výkon, což by mohlo neúměrně zpomalovat analýzu prováděnou v reálném čase. Také byly upraveny manifestace spojené s variabilitou rychlosti a zrychlení. Výslednou skladbu manifestací je možné vidět v **Tabulce 14**.

Tabulka 14

Manifestace spojené s poruchami psaní (manifestace jsou děleny do kategorií podle toho, jestli souvisí s produktem (PROD) nebo procesem psaní (PROC); neparametrický koeficient rozptylu je definován jako mezikvartilový rozsah/medián)

Manifestace	Kategorie	Parametr kvantifikující manifestaci	Vysvětlení manifestace
Dlouhá doba psaní	PROC	Doba psaní	Dítě text přepisuje příliš dlouho
Vysoká variabilita rychlosti	PROC	Mezikvartilový rozsah on-surface rychlosti	Dítě nepíše plynule, významně mění rychlost psaní.
Vysoká variabilita zrychlení	PROC	Mezikvartilový rozsah on-surface zrychlení	Dítě nepíše plynule, vyskytují se u něj významné švihy rukou.
Postupně klesající rychlost	PROC	Směrnice počítaná z časové řady rychlosti	Dítě píše s postupem času pomaleji
Postupně klesající zrychlení	PROC	Směrnice počítaná z časové řady zrychlení	Dítě s postupem času snižuje dynamiku (švih) psaní
Vizuoprostorové deficity	PROC	Poměr doby psaní on-surface/ in-air	Dítě tráví s perem více času nad papírem, než samotným psaním
Nestabilní tlak na hrot pera	PROC	Neparametrický koeficient rozptylu tlaku	Dítě píše s nerovnoměrným tlakem na hrot pera
Neschopnost provádět delší tahy	PROC	Počet zvednutí pera	Dítě často zvedá pero a přerušuje psaní, např. rozčlení jeden delší tah na tahů více
Neschopnost rozlišovat výšku písmen	PROD	Neparametrický koeficient rozptylu výšek on-surface tahů	Dítě nedokáže dostatečně rozlišovat mezi velikostmi písmen, všechna písmena mají stejnou výšku, např. „a“ píše stejně vysoké jako „h“

Aby bylo možné manifestace hodnotit s ohledem na to, jaký ročník dítě navštěvuje, byla v posledním roce řešení vytvořena nová normativní data. Celý proces hodnocení dané manifestace probíhá automaticky, nicméně je možné jej popsat následovně:

1. Parametr dané manifestace je nejdříve vynásoben váhovacím koeficientem w (poskytnut v tabulce s normami, tj. **Tabulka 15**).
2. Na základě uvedeného minima a maxima (poskytnuto v tabulce s normami) je provedena min-max normalizace, čímž obdržíme hodnotu f .
3. Skór hodnotící závažnost manifestace (vyšší hodnota znamená horší projev), je pak vypočítán pomocí vzorce: $s = 1/(1 + \exp(1 - a))$, kde $a = (f - \text{medián})/(\text{práh} - \text{medián})$. Medián a práh jsou opět uvedeny v tabulce s normami.

Pokud je skór $s > 0,5$, uvažujeme, že je manifestace přítomna. Toto nám umožňuje jednoduchou diagnózu. Navíc je možné hodnotit i závažnost, čím vyšší je totiž hodnota skóru s , tím více je manifestace mimo normu.

Tabulka 15

Manifestace a odpovídající normativní hodnoty

Ročník	Manifestace	Váha	Min.	Max.	Medián	Práh
3	dlouhá doba psaní	1	172,887	525,671	0,346	0,752
3	vizuoprostorové deficity	-1	-2,084	-0,585	0,670	0,947
3	vysoká variabilita rychlosti	1	10,342	41,572	0,392	0,920
3	vysoká variabilita zrychlení	1	585,849	1787,950	0,252	0,541
3	postupně klesající rychlost	-1	-0,001	0,001	0,477	0,692
3	postupně klesající zrychlení	-1	-0,003	0,004	0,420	0,640
3	nestabilní tlak na hrot pera	1	0,156	0,568	0,266	0,492
3	neschopnost provádět delší tahy	1	94,000	358,000	0,277	0,538
3	neschopnost rozlišovat výšku písmen	-1	-6,147	-0,661	0,703	0,907
4	dlouhá doba psaní	1	203,318	1160,291	0,153	0,376
4	vizuoprostorové deficity	-1	-2,040	-0,410	0,581	0,860
4	vysoká variabilita rychlosti	1	10,620	53,415	0,318	0,666
4	vysoká variabilita zrychlení	1	637,511	1806,562	0,270	0,672
4	postupně klesající rychlost	-1	0,000	0,001	0,366	0,678
4	postupně klesající zrychlení	-1	-0,001	0,005	0,235	0,392
4	nestabilní tlak na hrot pera	1	0,138	0,511	0,328	0,464
4	neschopnost provádět delší tahy	1	164,000	630,000	0,217	0,564
4	neschopnost rozlišovat výšku písmen	-1	-3,771	-0,941	0,744	0,958

Konečně vyšší úroveň hodnocení umožňují dva globální skóry:

- G2 – kinematické schopnosti,
- G3 – vizuo-prostorové a kognitivní schopnosti.

První globální skór hodnotí proces psaní, další pak převážně samotný produkt. Normativní data ke globálním skóřům jsou uvedena v **Tabulce 16**. Postup pro výpočet globálních skóřů byl replikován z předchozí studie (Mekyska a kol., 2024; Šafářová a kol., 2022). Samotný proces je možné popsat těmito kroky:

1. Hodnoty f příslušných manifestací jsou vynásobeny váhovacími koeficienty (poskytnuty v tabulce s normami) a sečteny. Tím vznikne hodnota m .
2. Globální skór je vypočítán vzorcem $g = 1/(1 + \exp(1 - b))$, kde $b = (m - \text{medián})/(\text{práh} - \text{medián})$. Medián a práh jsou opět uvedeny v tabulce s normami.

Podobně jako v případě jednotlivých manifestací, pokud je hodnota $g > 0,5$, je identifikována globální porucha. Čím vyšší je pak hodnota globálního skóřu, tím je tato porucha závažnější.

Tabulka 16*Globální skóry a korespondující charakteristiky umožňující jejich výpočet*

Ročník	Globální skór	Lineární kombinace manifestací	Medián	Práh
3	kinematické schopnosti	vysoká variabilita zrychlení: 0,323; vysoká variabilita rychlosti: 0,310; postupně klesající rychlost: 0,224; nestabilní tlak na hrot pera: 0,087; postupně klesající zrychlení: 0,059	0,340	0,689
3	vizuo-prostorové a kognitivní schopnosti	neschopnost provádět delší tahy: 0,283; dlouhá doba psaní: 0,269; vizuoprostorové deficity: 0,259; neschopnost rozlišovat výšku písmen: 0,189	0,469	0,731
4	kinematické schopnosti	vysoká variabilita zrychlení: 0,323; vysoká variabilita rychlosti: 0,310; postupně klesající rychlost: 0,224; nestabilní tlak na hrot pera: 0,087; postupně klesající zrychlení: 0,059	0,319	0,572
4	vizuo-prostorové a kognitivní schopnosti	neschopnost provádět delší tahy: 0,283; dlouhá doba psaní: 0,269; vizuoprostorové deficity: 0,259; neschopnost rozlišovat výšku písmen: 0,189	0,384	0,602

Interpretace

Grafický výstup

Výsledné skóry jsou v DiaGraMo prezentovány jak v tabulce, tak graficky. Příklad grafické reprezentace skóru dívky navštěvující 3. ročník je na **Obrázku 38**. První část grafu (globální profil) zobrazuje dva skóry, hodnotící výkon dítěte z globálního hlediska. Je zde možné vidět hodnocení kinematických i vizuo-prostorových a kognitivních schopností.

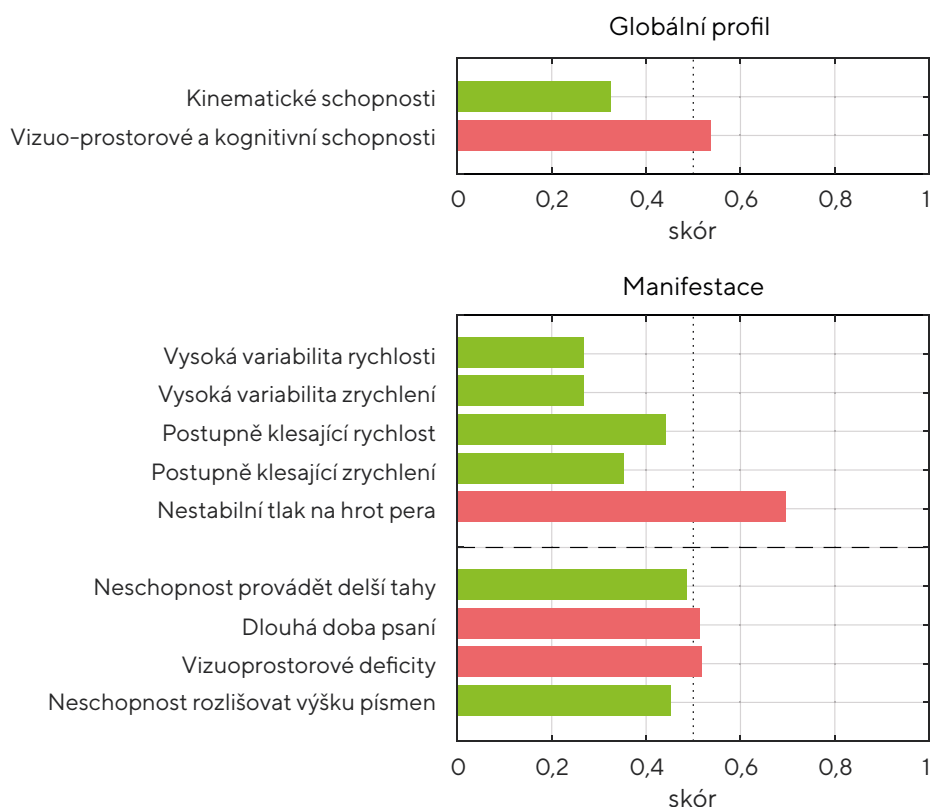
Pokud je hodnota skóru $< 0,5$, je daný skór v normě (vzhledem k intaktnímu vzorku v daném ročníku). Pokud je skór $\geq 0,5$, je mimo normu (zvýrazněno červeně).

Každý globální skór byl počítán na základě manifestací. Globální skór Kinematické schopnosti byl počítán z prvního bloku manifestací, tj. vysoká variabilita rychlosti, vysoká variabilita zrychlení, postupně klesající rychlost, postupně klesající zrychlení a nestabilní tlak na hrot pera. Globální skór Vizuo-prostorové a kognitivní schopnosti byl pak počítán z druhého bloku manifestací.

Manifestace umožňují detailnější inspekci poruch. Opět zde platí pravidlo, že pokud je hodnota skóru $< 0,5$, je daná manifestace v normě. Pokud je skór $\geq 0,5$, je manifestace mimo normu (zvýrazněno červeně).

Obrázek 38

Příklad grafické reprezentace skóru dívky navštěvující 3. ročník

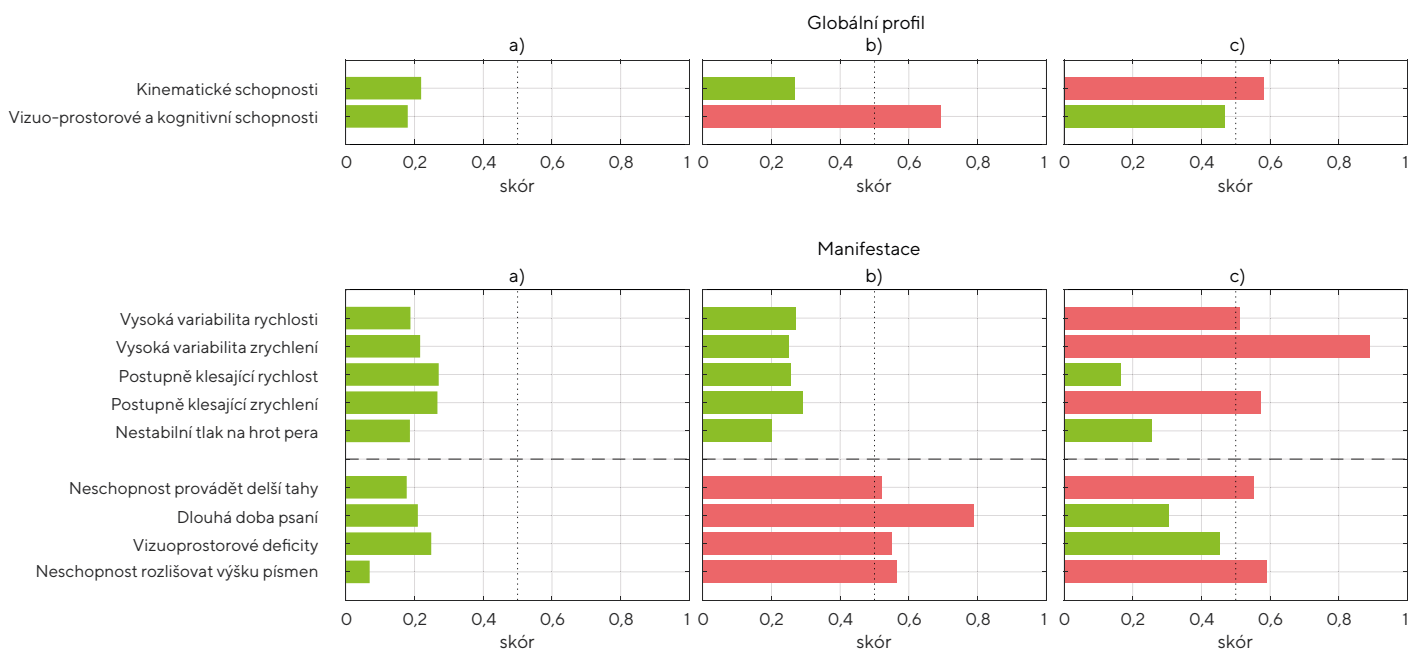


Případová studie

Možnost hodnotit manifestace individuálně, popř. produkt a proces zvlášť, otevírá nové možnosti v diagnostice. Grafomotorické obtíže a poruchy psaní se totiž neprojevují u všech dětí stejně. **Obrázek 39** zobrazuje GHDRS škálu 3 chlapců navštěvujících 3. ročník. Jak je možné vidět, první chlapec je intaktní (globální schopnosti i jednotlivé manifestace jsou v normě), jeho přepis je na **Obrázku 40**. U druhého chlapce se objevují manifestace spojené s narušením vizuo-prostorových a kognitivních schopností (vysvětlení jednotlivých manifestací je možné s pomocí **Tabulky 14**), jeho přepis je na **Obrázku 41** (zde můžeme např. pozorovat neschopnost rozlišovat výšku písmen, nebo neschopnost provádět delší tahy – dítě často přerušuje psaní a pohybuje se s perem nad displejem). Naopak u posledního chlapce se projevují poruchy jak v oblasti kinematických, tak v oblasti vizuo-prostorových a kognitivních funkcí (jeho přepis je na **Obrázku 42**). U tohoto chlapce je také možné pozorovat, že byť není globální skóre Vizuo-prostorové a kognitivní funkce mimo normu, některé přidružené manifestace mimo normu jsou. Nicméně tyto manifestace nemají ve výsledném globálním skóru tak velkou váhu.

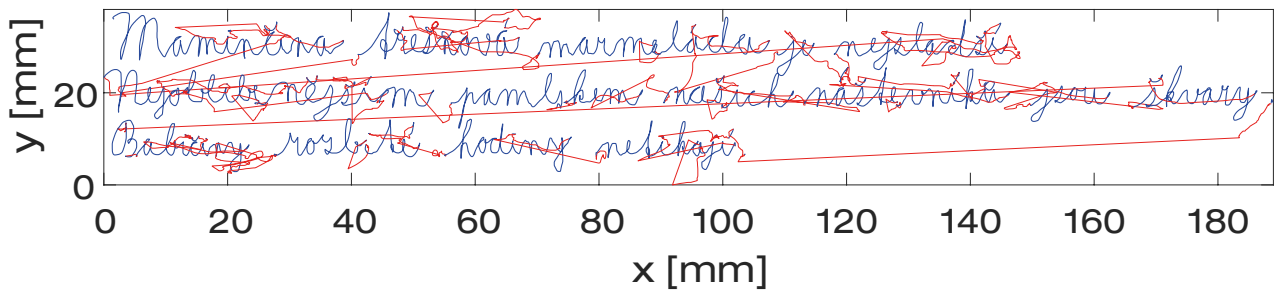
Obrázek 39

Tři chlapci navštěvující 3. ročník hodnoceni GHDRS škálou (první horní blok obsahuje globální skóre; další dva bloky kvantifikují jednotlivé manifestace, tj. reprezentují detailní profil, který je asociovaný s globálními skóre):
a) intaktní chlapec bez poruch psaní – jeho přepis je možné vidět na obr. 40; b) chlapec s poruchami v oblasti vizuo-prostorových a kognitivních funkcí (neschopnost provádět delší tahy, dlouhá doba psaní, vizuoprostorové deficity, neschopnost rozlišovat výšku písmen) – jeho přepis je možné vidět na obr. 41; c) chlapec s poruchami jak v oblasti kinematických, tak v oblasti vizuo-prostorových a kognitivních funkcí (vysoká variabilita rychlosti/zrychlení, postupně klesající zrychlení, neschopnost provádět delší tahy, neschopnost rozlišovat výšku písmen) – jeho přepis je možné vidět na obr. 42.



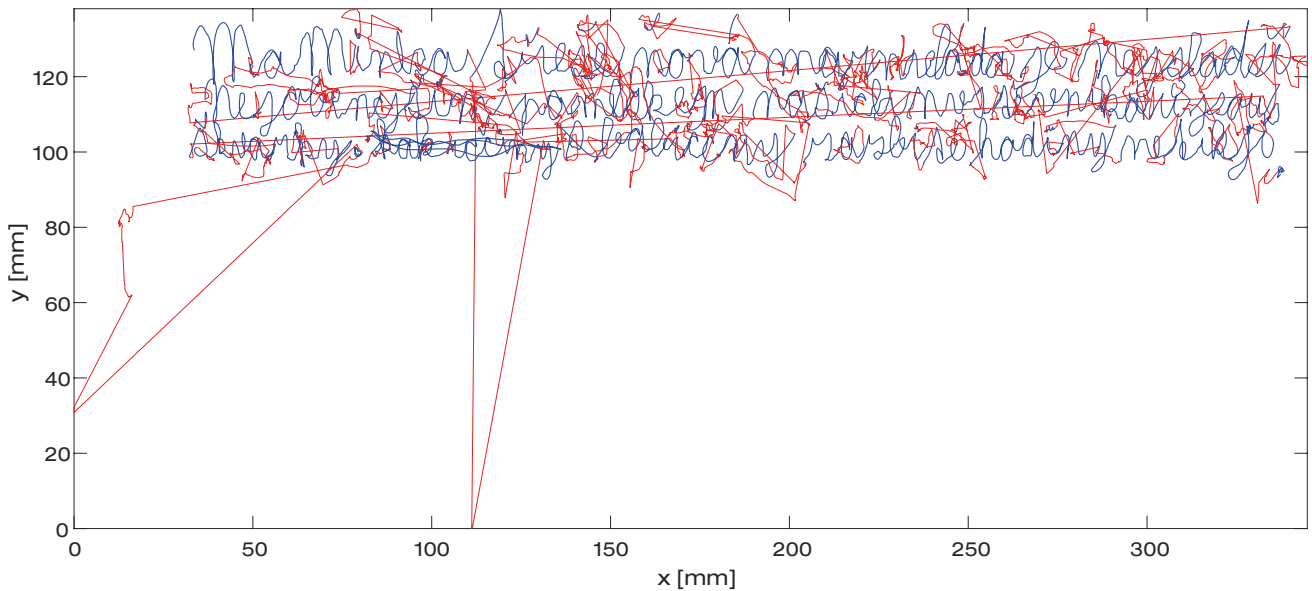
Obrázek 40

Přepis realizovaný intaktním chlapcem, jehož GHDRS škála je zobrazena na obr. 39a



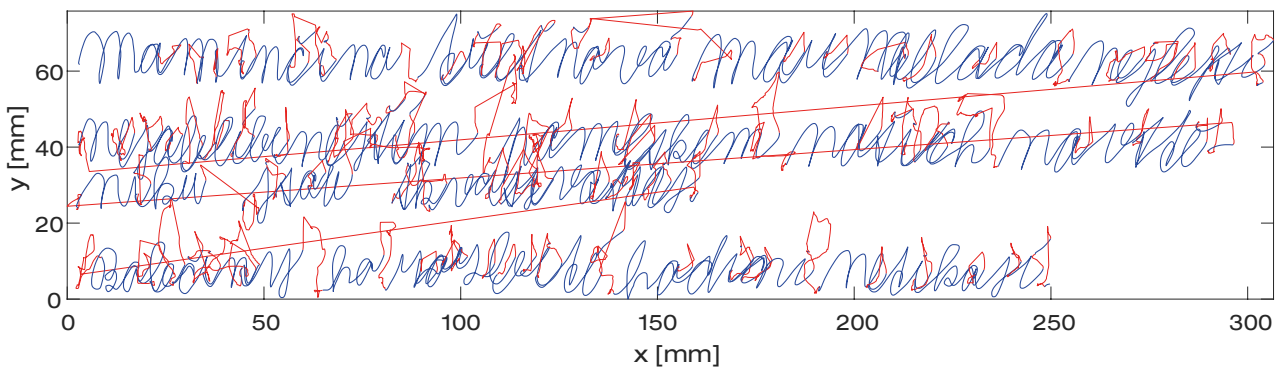
Obrázek 41

Přepis realizovaný chlapcem s diagnostikovanými obtížemi s psaním, jehož GHDRS škála je zobrazena na obr. 39b



Obrázek 42

Přepis realizovaný chlapcem s diagnostikovanými obtížemi s psaním, jehož GHDRS škála je zobrazena na obr. 39c



Poznámky k interpretaci

Výstupy z diagnostické metody DiaGraMo by měly sloužit jako jedno z mnoha vodítek pro posouzení míry grafomotorických obtíží. Při rozhodování o tom, zda se u dítěte projevují grafomotorické obtíže, je dobré sledovat několik dalších oblastí, které nabízí odlišné diagnostické informace.

Jedním z těchto zdrojů může být **rodinná anamnéza**, abychom získali komplexní pohled na dítě a jeho možná genetická rizika. Další zajímavou informací je, **jak dítě vnímá sebe sama** a jak hodnotí svůj výkon. K tomuto účelu může posloužit dotazník HPSQ-C, který jsme pro český vzorek několikrát ověřovali a je volně dostupný v knize Grafomotorické dovednosti. Nové přístupy k diagnostice (Šafářová a kol., 2022).

Kromě toho je důležité zohlednit výsledky **intelektového vyšetření** s důrazem na to, aby dítě nemělo intelekt pod úrovní normy. Diagnóza mentální retardace je dle diagnostických manuálů i postupů z praxe považována za kritérium, které neumožňuje stanovit specifické poruchy učení (DSM-V: APA, 2022; ICD-11; WHO, 2022). Pro účely standardizace byly děti ve výběrovém vzorku testovány třemi subtesty baterie Woodcock-Johnson IV., které tvoří krátkou intelektovou škálu (BIA; více viz Psychometrické vlastnosti DiaGraMo).

V rámci celkového hodnocení je také nutné vzít v úvahu **výsledky specifických testů**, které posuzují další aspekty psaného projevu a možnou komorbiditu s ostatními specifickými poruchami učení. Pro vytvoření celkového obrazu o dítěti a jeho výkonu nám může sloužit srovnání s výsledky diagnostické baterie Diagnostika schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní (DIB; Bednářová a kol., 2015) nebo nově připravovaná baterie BACH: Testy školních dovedností (Bednářová a kol., 2023).

Je důležité zdůraznit, že **konečná interpretace výsledků je vždy v rukou odborníka**, který má hluboký vhled do specifických potřeb dítěte, rozumí vývojovým trendům v učení a může zvážit další životní kontext dítěte. Jeho schopnost provádět testy a zhodnotit dítě z mnoha úhlů pohledu je zásadní pro získání kvalitního a přesného diagnostického obrazu.

Nakonec je také nutné, aby administrátor měl **povědomí o faktorech**, které by mohly ovlivnit grafomotorický výkon dítěte, a aby byl schopen tyto faktory při hodnocení zohlednit.

Literatura

- American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>
- Asselborn, T., Gargot, T., Kidziński, Ł., Johal, W., Cohen, D., Jolly, C., & Dillenbourg, P. (2018). Automated human-level diagnosis of dysgraphia using a consumer tablet. *NPJ digital medicine*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0049-x>
- Barnett, A. L., Prunty, M., & Rosenblum, S. (2018). Development of the Handwriting Legibility Scale (HLS): A preliminary examination of Reliability and Validity. *Research in developmental disabilities*, 72, 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.11.013>
- Bednářová, J. a kol. (2015). *Diagnostika schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní*. Pedagogicko-psychologická poradna.
- Bednářová, J., & Šmardová, V. (2015). *Diagnostika dítěte předškolního věku*. Computer Press.
- Bednářová, J., & Šmardová, V. (2021a). *Diagnostika dítěte předškolního věku. Co by dítě mělo umět ve věku od 3 do 6 let*. Edika.
- Bednářová, J., & Šmardová, V. (2021b). *Rozvoj grafomotoriky*. Computer Press.
- Bednářová, J., Cígler, H., Jabůrek, M. a kol. (2023). *BACH: Testy školních dovedností*. Propsyco a Masarykova univerzita.
- Berninger, V. W., & Amtmann, D. (2003). Preventing written expression disabilities through early and continuing assessment and intervention for handwriting and/or spelling problems: Research into practice. In H. L. Swanson, K. R. Harris, & S. Graham (Eds.), *Handbook of learning disabilities* (pp. 345–363). The Guilford Press.
- Caravolas, M., & Volín, J. (2005) *BDTG 1. Baterie diagnostických testů gramotnostních dovedností pro žáky 2. až 5. ročníku ZŠ - Teoretická příručka testu*. Národní ústav pro vzdělávání.
- Caravolas, M., & Volín, J. (2018) *BDTG 2. Baterie diagnostických testů gramotnostních dovedností pro žáky 6. až 9. ročníku ZŠ - Teoretická příručka testu*. Národní ústav pro vzdělávání.
- Český statistický úřad. (2023). *Veřejná databáze, Vzdělávání - celkový přehled*. Dostupné na: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=VZD01&z=T&f=TABULKA&katalog=30848&str=v62>
- Choi, D., Hatcher, R. C., Dulong-Langley, S., Liu, X., Bray, M. A., Courville, T., ... DeBiase, E. (2016). What Do Phonological Processing Errors Tell About Students' Skills in Reading, Writing, and Oral Language? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(1-2), 24–46. <https://doi.org/10.1177/0734282916669018>
- Cígler, H., Jabůrek, M., Bednářová, J., a kol. (2023). *BACH: Testy školních dovedností. Psychometrický manuál*. Propsyco a Masarykova univerzita.
- Cimlerová, P., Chalupová, E., & Pokorná, D. (2007). *Diagnostika specifických poruch učení u adolescentů a dospělých osob*. Institut pedagogicko-psychologického poradenství ČR.
- Čunek, L., Ondřej, J., Blažíčková, I., Pupíková, V., Lacko, D., Prošek, T., & Šafářová, K. (2023). Handwriting quality: Psychometric properties of two evaluation scales with a Czech sample. *The American Journal of Occupational Therapy*, 77(3), 7703205130. <https://doi.org/10.5014/ajot.2023.050029>
- Danna, J., Paz-Villagrán, V., & Velay, J. L. (2013). Signal-to-Noise velocity peaks difference: A new method for evaluating the handwriting movement fluency in children with dysgraphia. *Research in developmental disabilities*, 34(12), 4375-4384. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.09.012>

- Dazzi, C., & Pedrabissi, L. (2009). Graphology and personality: an empirical study on validity of handwriting analysis. *Psychological reports*, 105(3_suppl), 1255-1268. <https://doi.org/10.2466/PRO.105.F.1255-1268>
- De Stefano, C., Fontanella, F., Impedovo, D., Pirlo, G., & di Freca, A. S. (2019). Handwriting analysis to support neurodegenerative diseases diagnosis: A review. *Pattern Recognition Letters*, 121, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.05.013>
- Drotár, P. & Dobeš, M. (2020). Dysgraphia detection through machine learning. *Scientific reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78611-9>
- Duval, T., Rémi, C., Plamondon, R., Vaillant, J., & O'Reilly, C. (2015). Combining sigma-lognormal modeling and classical features for analyzing graphomotor performances in kindergarten children. *Human movement science*, 43, 183-200. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.005>
- Engel-Yeger, B., Nagauker-Yanuv, L., & Rosenblum, S. (2009). Handwriting performance, self-reports, and perceived self-efficacy among children with dysgraphia. *The American Journal of Occupational Therapy*, 63(2), 182-192. <https://doi.org/10.5014/ajot.63.2.182>
- Erdogan, O. (2011). Relationship between the Phonological Awareness Skills and Writing Skills of the First Year Students at Primary School. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 11(3), 1506-1510.
- Fasnerová, M. (2018). *Prvopočáteční čtení a psaní*. Grada.
- Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(4), 312-317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Furnham, A., Chamorro-Premuzic, T., & Callahn, I. (2003). Does graphology predict personality and intelligence?. *Individual Differences Research*, 1(2).
- Germano, G. D., Giacconi, C., & Capellini, S. A. (2016). Characterization of Brazilians students with dyslexia in Handwriting Proficiency Screening Questionnaire and Handwriting Scale. *Psychology Research*, 6(10), 590-597. Dostupné na: <http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/5816f574db3d0.pdf>
- Graham, S., & R. Harris, K. (2000). The role of self-regulation and transcription skills in writing and writing development. *Educational psychologist*, 35(1), 3-12. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3501_2
- Graham, S., Weintraub, N., & Berninger, V. W. (1998). The relationship between handwriting style and speed and legibility. *The journal of educational research*, 91(5), 290-297. <https://doi.org/10.1080/00220679809597556>
- Hamstra-Bletz, L., De Bie, J. and Den Brinker, B.P.L.M. (1987) Beknopte beoordelingsmethode voor kinderhandschriften: Experimentele versie [Concise Evaluation-Scale for Children's Handwriting: Experimental Version]. Swetz & Zeitlinger.
- Impedovo, D. & Pirlo, G. (2018). Dynamic handwriting analysis for the assessment of neurodegenerative diseases: a pattern recognition perspective. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 12, 209-220. <https://doi.org/10.1109/RBME.2018.2840679>
- Jucovičová, D. & Žáčková, H. (2009). *Dysgrafie* (2., rozš. vyd.). D + H.
- Justi, C. N., Henriques, F. G., & Justi, F. R. D. R. (2021). Phonological awareness tasks: accuracy in predicting reading and writing difficulties. *Psicologia: teoria e prática*, 23(3), 1-20. <https://doi.org/10.5935/1980-6906/ePTPPA13791>
- Kellogg, R. T. (1996). A model of working memory in writing. In C. M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing: Theories, methods, individual differences, and applications* (pp. 57-71). Lawrence Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203811122>
- Košč, M. & Novák, J. (1997). *Rey-Osterriethova komplexní figura*. Psychodiagnostika.
- Krejčová, L., Hladíková, Z., Šemberová, K., & Balharová, K. (2018). *Specifické poruchy učení: dyslexie, dysgrafie, dysortografie* (2., aktualizované vydání). Edika
- Matějček, Z. & Vágnerová, M. (1992). *Test obkreslování*. Psychodiagnostika.
- Matějček, Z. (2009). *Výbor z díla*. Karolinum.

- McGrew, K. S., LaForte, E. M., & Schrank, F. A. (2014). *Technical Manual. Woodcock-Johnson IV*. Rolling Meadows, IL: Riverside
- McCloskey, M. & Rapp, B. (2017). Developmental dysgraphia: An overview and framework for research. *Cognitive neuropsychology*, 34(3-4), 65-82. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1369016>
- Mekyska, J., Safarova, K., Urbanek, T., Bednarova, J., Zvoncak, V., Havigerova, J. M., ... & Diaz, M. (2024). Graphomotor and handwriting disabilities rating scale (GHDRS): Towards complex and objective assessment. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 1-34. <https://doi.org/10.1080/19404158.2024.2326686>
- Meulenbroek, R. G. & Van Galen, G. P. (1986). Movement analysis of repetitive writing behaviour of first, second and third grade primary school children. *Advances in Psychology*, 37, 71-92. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(09\)60073-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(09)60073-X)
- Meyers, J. E., & Meyers, K. R. (1996). *Rey Complex Figure Test and Recognition Trial. Supplemental Norms for Children and Adolescents*. PAR
- Meyers, J. E., & Meyers, K. R. (1995). *Rey Complex Figure Test and Recognition Trial. Professional Manual*. PAR
- Neter, E., & Ben-Shakhar, G. (1989). The predictive validity of graphological inferences: A meta-analytic approach. *Personality and Individual Differences*, 10(7), 737-745. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(89\)90120-7](https://doi.org/10.1016/0191-8869(89)90120-7)
- Novák, J. (2002) Diagnostika specifických poruch učení. Psychodiagnostika.
- Olive, T. & Passerault, J. M. (2012). The visuospatial dimension of writing. *Written Communication*, 29(3), 326-344. <https://doi.org/10.1177/0741088312451111>
- Olive, T. (2004). Working Memory in Writing: Empirical Evidence From the Dual-Task Technique. *European Psychologist*, 9(1), 32-42. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1027/1016-9040.9.1.32>
- Palmis, S., Danna, J., Velay, J. L., & Longcamp, M. (2017). Motor control of handwriting in the developing brain: A review. *Cognitive Neuropsychology*, 34(3-4), 187-204. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1367654>
- Paz-Villagrán, V., Danna, J., & Velay, J. L. (2014). Lifts and stops in proficient and dysgraphic handwriting. *Human movement science*, 33, 381-394. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.11.005>
- Petrová, A., Dařílek, P., Plevová, I., Křeménková L., & Pugnerová, M. (2012). Výzkum základních proměnných školní zralosti v ČR a v některých zemích EU. In E. Šmelová (Ed.), *Připravenost dětí k zahájení povinné školní docházky v kontextu současného kurikula* (pp. 125-232). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Příhoda, V. (1941). *Výzkum dětského písma (Vědecký posudek písemných projevů)*. Česká grafická unie.
- Prunty, M. & Barnett, A. L. (2017). Understanding handwriting difficulties: A comparison of children with and without motor impairment. *Cognitive neuropsychology*, 34(3-4), 205-218. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1376630>
- Rapp, B., Purcell, J., Hillis, A. E., Capasso, R., & Miceli, G. (2016). Neural bases of orthographic long-term memory and working memory in dysgraphia. *Brain*, 139(2), 588-604. <https://doi.org/10.1093/brain/awv348>
- Reisman, J. (1999). *Minnesota handwriting assessment*. Psychological Corporation.
- Reisman, J. E. (1991). Poor handwriting: Who is referred?. *The American Journal of Occupational Therapy*, 45(9), 849-852. <https://doi.org/10.5014/ajot.45.9.849>
- Reisman, J. E. (1993). Development and reliability of the research version of the Minnesota Handwriting Test. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 13(2), 41-55. https://doi.org/10.1080/J006v13n02_03
- Rosenblum, S., Weiss, P. L., & Parush, S. (2003). Product and process evaluation of handwriting difficulties. *Educational psychology review*, 15(1), 41-81. <https://doi.org/10.1023/A:1021371425220>
- Rosenblum, S. & Gafni-Lachter, L. (2015). Handwriting proficiency screening questionnaire for children (HPSQ-C): development, reliability, and validity. *The American Journal of Occupational Therapy*, 69(3), 6903220030p1-6903220030p9. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.014761>
- Rosenblum, S., Chevion, D., & Weiss, P. L. (2006). Using data visualization and signal processing to characterize the handwriting process. *Pediatric Rehabilitation*, 9(4), 404-417. <https://doi.org/10.1080/13638490600667964>

- Šafářová, K., Mekyska, J., Urbánek, T., Čunek, L., Galáž, Z., Mucha, J., ... & Bednářová, J. (2022). *Grafomotorické dovednosti*. MUNI PRESS. Dostupné z: <https://munispace.muni.cz/library/catalog/view/2220/6627/4299-1/0#preview>
- Šafářová, K., Mekyska, J., Zvončák, V., Galáž, Z., Francová, P., Čechová, B., Losenická, B., Smékal, Z., Urbánek, T., Havigerová, J. M., & Rosenblum, S. (2020). Psychometric Properties of Screening Questionnaires for Children With Handwriting Issues. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02937>
- San Luciano, M., Wang, C., Ortega, R. A., Yu, Q., Boschung, S., Soto-Valencia, J., Bressman, S.B., Lipton, R.B., Pullman, S., & Saunders-Pullman, R. (2016). Digitized spiral drawing: A possible biomarker for early Parkinson's disease. *PloS one*, 11(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162799>
- Schrank, F. A., McGrew, K. S., & Mather, N. (2014). *Woodcock-Johnson IV*. Rolling Meadows, IL: Riverside.
- Urbánek, T. (Ed.) (2019). *Woodcock-Johnson IV. Technický manuál*. Otrokovice: Propsyco, s.r.o.
- Van Galen, G. P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human movement science*, 10(2-3), 165-191. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(91\)90003-G](https://doi.org/10.1016/0167-9457(91)90003-G)
- Vágnerová, M. & Strnadová, M. (1974). *Bender-Gestalt test*. Psychodiagnostika.
- Van Gemmert, A. W. & Teulings, H. L. (2006). Advances in graphonomics: Studies on fine motor control, its development and disorders. *Human Movement Science*, 25(4-5), 447-453. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2006.07.002>
- Vernon, S., & Ferreiro, E. (1999). Writing Development: A Neglected Variable in the Consideration of Phonological Awareness. *Harvard Educational Review*, 69(4), 395-416. <https://doi.org/10.17763/haer.69.4.p411667586738x0w>
- Vessio, G. (2019). Dynamic handwriting analysis for neurodegenerative disease assessment: a literary review. *Applied Sciences*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/app9214666>
- Helena Vlčková, H., a Simona Poláková, S. (2014). *MaTeRS. Test mapující připravenost pro školu*. NÚV Praha
- Vyskotová, J. & Macháčková, K. (2013). *Jemná motorika*. Grada.
- World Health Organization (2022). *ICD-11*. Dostupné na: <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>
- Zarić, J., Hasselhorn, M., & Nagler, T. (2021). Orthographic knowledge predicts reading and spelling skills over and above general intelligence and phonological awareness. *European Journal of Psychology of Education*, 36(1), 21-43. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00464-7>
- Zákon a vyhláška č. 27/2016 Sb., o vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a žáků nadaných* (2024). Dostupné na: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=27/2016&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- Zákon č. 563/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání* (2024). https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=563/2004%20&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- Zesiger P. (1995). *Ecrire. Approches cognitive, neuropsychologique et développementale* [Writing: Cognitive, neuropsychological and developmental approaches]. Paris: Presses Universitaires de France.
- Ziviani, J. and Wallen, M. (2006). The Development of Graphomotor Skills. In A. Henderson & C. Pehoski (Eds.), *Hand Function in the Child: Foundations for Remediation* (pp. 217-236). Mosby Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-032303186-8.50014-9>

