

The Graphonomics Research Prospects

Ruomeng Wang, Quanhong Wang*

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing
Email: *quanhong@swu.edu.cn

Received: Apr. 5th, 2017; accepted: Apr. 22nd, 2017; published: Apr. 25th, 2017

Abstract

Based on the previous research about graphonomics, the formation and development, basic research tools, experimental paradigms, data analysis methods, and some of the current applications of graphonomics were summarized. Above all, we answered some doubts from researchers about graphonomics, and affirmed the feasibility of it. We also prospected the extending application of graphonomics on other domains such as psychological measurement, forensic, artificial intelligence, medicine, education and so on.

Keywords

Graphonomics, Graphology, Digital Table, Human-Computer Interaction

运笔学研究前景初探

王若萌, 王权红*

西南大学心理学部, 重庆
Email: *quanhong@swu.edu.cn

收稿日期: 2017年4月5日; 录用日期: 2017年4月22日; 发布日期: 2017年4月25日

摘要

通过对前人运笔学研究的收集梳理, 对运笔学的形成与发展, 基本研究工具, 实验范式, 数据分析方法, 目前的一些应用领域等进行了初步的总结, 在此基础之上回答了一些对运笔学存疑者的一些问题, 肯定了运笔学研究及应用的可行性, 并对其在心理测量、刑侦、人工智能、医学、教育学等领域的扩展应用前景进行了展望。

*通讯作者。

关键词

运笔学, 笔迹学, 电子书写板, 人机交互

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 运笔学的诞生与定义

1.1. 运笔学的诞生

现代运笔学(graphonomics)概念源于 1982 年荷兰奈梅亨大学的一次聚会, 是科技进步引发的笔迹学(graphology)突变的产物, 它涉及心理学, 生物科学, 运动科学, 计算机科学, 法医科学, 神经科学等多门学科(<http://www.graphonomics.org/>)。在缺少好的书写过程记录工具的环境下, 笔迹学家们从二维的纸面信息来猜测个体书写的过程, 从整体上对书写者进行评价; 而在电子书写板的协助下, 运笔学家们可以分析每一个时间点(5~10 毫秒)的笔尖位置、压力、笔的倾斜、握笔力度、握笔位置等多维信息, 从整体与细节等多个角度更加全面的对书写的过程进行分析。

1.2. 定义及研究意义

模仿郑日昌(2000)对笔迹学的定义, 我们可以将运笔学定义为“研究不同人在不同状态下进行书写运动时所体现出来的一系列动力学特征, 及其反映出来的书写者的生理、心理状态和行为个性特点, 以及不同书写方法、策略对其身心特征的影响的一门科学”。

运笔心理学的两个重大问题是“某种心理或是生理现象是否确实会造成某种书写习惯”以及“某种书写习惯的变化是否确实会造成心理的变化”。对于前者, 前人的大量研究对之做出了肯定的回答, 证明书写指标与一些人格特质或生理、心理疾病确实存在关联(范例见后文), 同时书写指标(如每个笔划的速度峰值及加速度峰值的均值及变异性等)在个体内具有跨时间的稳定性(Mergl 等, 1999); 对于后者, 包括金一贵、徐庆元等很多实践家已经在应用领域做出了大量探索, 理论研究尚在初级阶段, 但一些结果在一定程度上亦对此做出了肯定。从具身的角度, Slepian 与 Ambady (2012)曾让一组被试描画三条流畅的简单曲线, 对照组描画三条与之几乎相同的折线, 结果发现描画曲线引起了个体状态性的能力提升, 他们思维流畅性、灵活性要高于对照组。这种“画折线或曲线”与中文的正楷或草书存在一些相通之处。与之类似, 从近年大量的与具身相关的论文中我们可以发现, 大量日常生活中的小动作都可能引发心理特征或认知能力等的微小变化, 跬步千里, 如果我们能多多留意这些细节, 最终很可能会量变质变, 对个体身心发展起到重大作用。而书写“是人类一种复杂而独特的运动, 涉及认知、动力学、感觉运动技能的复杂的交互作用(Werner 等, 2006), 如动作计划, 手眼协调, 视觉-动作整合, 肢体灵活性, 手工技能等(Tseng & Cermak, 1993), 所以对基于任务的书写评估既是一种认知任务也是一种日常生活技能测试”, 它贯穿于我们的日常生活, 对书写的研究最终将利益社会、泽及众生。

1.3. 基本研究工具

随着计算机及其周边设备的发展, 近 30 年来, 运笔学家们可以经由电子书写板(亦称数位板)来观察个体书写的过程。最初始的设备只能记录每一时间点的笔尖压力与 X、Y 方位 3 个维度的数值, 而现在

最新的设备(如电子数位板,电子白板,一些平板电脑,电子书写笔等等)在此之外还可以记录笔尖的高度、倾斜、握力、握笔位置等信息,由这多维的数据我们几乎可以精确还原出书写过程中整支笔的三维位置及压力变化。普通数位板不能提供视觉反馈,一般需要在板上另铺白纸并使用特定电子墨水笔等方式才能最接近现实体验,而平板电脑、电子白板等工具则具有更好的所见即所得功能,研究者需要权衡实验需求、经费等多种因素选择最适合自己的研究工具。此基础之上,Alamargot等(2006)创造性地将眼动记录设备与书写板进行结合,Chau等(2006)将压力感应设备与电子笔进行组合以测量对笔的握力及手的握笔高度,进一步扩大了书写板的研究领域。

硬件之外,对运笔学数据的采集与分析也都需要相应的软件。一般情况下,硬件供应商会在其网站提供与编程相关的硬件基本接口信息等以供应用者进行参考,而各研究团队多都是自行开发软件对笔迹进行采集,如Guinet与Kandel(2010)的DUCTUS,Werner & Rosenblum(2006)所提及的POET等。目前还没有一个通用的笔迹采集程序,但不同程序所采集的数据因为本质上都是对硬件设备所提供参数的一个记录,所以最终结果都是比较一致的。数据分析一般会使用基于matlab所开发的程序包(如Rosenblum等,2001,2003,2010),但一些团队(如Guinet & Kandel,2010;Mai & Marquardt,1992)也正在探索自行开发专门的笔迹分析软件。整体来说,对于书写数据的预处理与笔迹分析类似,都需要涉及模式识别,但笔迹数据是2维的,书写数据则有4~9维甚至更高,数据量更大。但从某种意义上可以说,分析的难度是在减小的;通过预处理获得个体的笔迹特征数据之后,就可以使用常见的心理学方法对身心特征与笔迹特征进行比较分析。

1.4. 基本实验范式

运笔学尚处于其发展的初始阶段,而对书写过程的动力学测试本身也对内容依赖不是特别大,所以目前对于实验并没有特别严格的要求,各研究团队会根据自己的研究对象调整实验内容,比如说请强迫症患者反复描画一组同心圆(如Mavrogiorgou等,2001),请小学生描画花的轮廓图(如Smits-Engelsman, Niemeijer, & van Galen,2001),书写简单的连写字母或单词(Danna, Paz-Villagrán, & Velay,2013; Van Galen等,1993),如ll(如Kloppel, Vongerichten, Eimeren等,2007),aaa(如Mavrogiorgou等,2001),lapin(Paz-Villagrán, Danna, & Velay,2014),抄写20个简单汉字(如Poon, Li-Tsang等,2010),抄写简单句子(如Falk等,2011; Mavrogiorgou等,2001),以及根据命题自由书写等(如Olive & Kellogg,2002; Luria & Rosenblum,2010)。

1.5. 运笔学研究的实验控制

因为年龄、性别、人格特征、情绪状态、受教育程度、利手倾向、生理心理疾病、任务难度、材料熟悉度、纸张大小等诸多因素都会对书写结果产生影响,每次数据采集前都应该对基本人口学数据进行登记,书写后要完成基本情绪状态、材料难度、熟悉度等相关评价。每个任务所对应的书写区域应足够大以使其充分展现出个人特征(沈臻懿,2012)。

1.6. 书写指标的分析方法

目前常见的运笔学分析指标有以下几种:(1)时间指标,包括平均每个笔划的提笔时长(Rosenblum,2010)、停笔时长(Rosenblum等,2010; Olive,2010);(2)空间指标,包括笔划宽度(Rosenblum,2010)、字的大小(Mavrogiorgou等,2001; Luria & Rosenblum,2010)等;(3)压力指标,包括笔划内最大压力、最小压力、平均压力等(Rosenblum,2010; Yu等,2011);(4)速度指标,包括笔划内最大速度、最小速度、平均速度(Yu等,2011)、加速度均值、变异性、均值(Mergl等,1999)等。中文与字母文字相比有着更大

的复杂性, 谭铁牛等研究中文书写同一性鉴定时认为过程指标与结果指标相结合可以更好的提高鉴别效果(Jin, Wang, & Tan, 2005), 这些静态或动静结合的指标包括横竖撇捺折各自的平均长度、斜度、弧度、力度等, 具体操作时亦可以实现自动处理或半自动处理。

对书写指标分析时需要针对不同笔划进行独立分析。Luria 与 Rosenblum (2010)提出如 a, c, e, 字母 t, f 等的小横等短小笔划对于英文的识别有重要影响, 因此书写时会分配较多认知资源, 书写速度慢而力度大, 而书写长直笔画时个体用于书写的认知资源分配较少, 书写快而轻, 同时更可能去关注其他书写相关的要素, 此时运笔变化更可能体现个体认知负载等各种心理特征的变化(Yu 等, 2011)。由上, 英文书写时同一个体在同一份书写任务中压力与速度成反比(Yu 等, 2011), 但中文与英文存在较大差异, 我们有必要对中文另进行分析。

2. 目前的主要研究领域

犯罪、人格、重大身心疾病是笔迹学及运笔学研究的经典领域, Rosenblum (2009)则已经开发出了一套相对完整的程序以通过简单的书写来进行一些身心疾病诊断, 并声称此系统已经可以针对任何母语的人群, 但考虑国内对之所知寥寥, 此系统应该还大有可升级之处, 而中文相对拼音文字而言有大量的特异性特征, 所以我们仍有非常大的研究空间; 在认知方面, 一些书写心理学家已经开始研究各种书写动力及运动特征与个体认知能力的关联并尝试将书写应用于对一些思维过程的研究, 这对于高科技产品依赖较大, 因此起步较晚, 成果较少, 但已经显出了蓬勃的发展势头与极大的应用价值。

2.1. 与犯罪、刑侦、安全等有关的研究

与犯罪、安全有关的研究重点是同一性鉴定, 即判断两份笔迹是否为同一人所书写, 证否比证真容易得多, 甚至可以说我们无法去证真, 只能在确信水平上不断提升。以前的同一性鉴定主要针对静态笔迹而言, 随着电子书写板成本的不断降低, 对动态数据的处理将迅速增多。另外, 书写在测谎方面亦有使用前景。Vrij 等(2006, 2008)发现说谎相对说真话而言自动化水平更低, 需要更大的认知参与, 是一种双加工过程, 本身消耗认知资源, 同时通过操控认知负载可以提升测谎效果。Luria 与 Rosenblum (2010)在此基础上发现说谎带来的认知负载会导致书写水平的变化, 重点体现在平均压力; 平均笔划长度, 平均笔划高度上, 其结果亦显示出说谎时书写密度更大的静态特征, 这与笔迹学的一些说法相符合。

2.2. 对人格与个体差异的研究

从发展角度, 儿童书写具有自动化水平低, 写字更大, 提笔停笔次数更多等特点(如 Paz-Villagran, Danna, & Velay, 2014), 成年初期时书写速度比成年后期更快(Dixon 等, 1993), 书写自动化水平更高(Mergl 等, 1999); 在性别差异问题上, 多数笔迹学研究(如涂丽云, 2006)表明整体上男性书写力度、字迹大小大于女性, 可识别性低于女性。但一些研究(如 Mergl 等, 1999)认为性别、人格等与书写的关联不大, 这可能与样本量的大小、样本同质性等诸多因素有关, 今后的研究需要从更多维度进行更精细分析, 如受教育水平及知识积累、社会经济地位、人格、身体心理状态性特征等等。

2.3. 对身心疾病及特殊状态下的书写研究

很多生理、心理疾病及药物、生理心理状态的重大波动等都会影响到人的肢体运动特别是精细运动能力, 不同疾病会在书写运动上体现出一定的特异性表象, 这些现象对于疾病的诊断甚至干预都具有极大应用价值, 得到了笔迹学家与运笔学家的重视。例如, 书写障碍儿童书写时缺乏流畅性与连续性, 他们所写的字更大, 提笔时间更长、次数更多(例如 Paz-Villagran, Danna, & Velay, 2014; Rosenblum 等, 2003a; Rosenblum 等, 2001; Kosterman 等, 1994; Hamstra-Bletz & Blöte, 1993), 而阅读障碍导致伪书写障碍的

一些区别性特征包括字与字之间的停顿时间长于正常儿童(Sumner, 2013)等; 发展性协调障碍儿童不能控制好字的大小形状、字迹可读性差, 在重复书写任务中表现出高时间变率(Bo 等, 2014); 老年抑郁可由签名时的压力、提笔时间与笔划宽度三者结合来诊断(Rosenblem 等, 2010), 服用三环类抗抑郁剂效果不如选择性血清素再回收抑制剂, 前者在书写速度与加速度上与后者及健康人群有显著差别, 书写自动化水平更低(Tucha 等, 2002); 帕金森综合症者书写时速度显著更慢, 字体显著更小(Margolin & Wing, 1983), 用于加速的时间比例相对常人显著更长(Phillips, Stelmach, & Teasdale, 1989), 外在体现为通篇抖动, 起、收收笔处多斑点, 笔划重叠, 字迹弯曲, 越写越小等, 而单字笔顺、整体写法、基本的搭配、比例等则存在统一性(童章毅, 2003); 强迫症患者多伴有写字过小症, 他们书写时用于加速的时间比例更小, 平均每个笔划的速度变化次数更多, 在正常书写时速度峰值更小, 但重复画圈时速度峰值更大(Mavrogiorgou 等, 2001); 当个体摄入咖啡后, 书写流畅性提高, 速度峰值及加速度峰值都更大(Tucha 等, 2006)压力、焦虑等状态下个体的笔压更大(Bailey, 1988); 认知负载的最佳指标是书写速度(笔画内最大及平均速度)及压力(笔划内最大、最小及平均压力)(Yu 等, 2011a, 2011b)。

从上述大量研究可以看出, 它相对自评量表而言具有受社会赞许性或伪装倾向影响较小的优点, 与 EEG、MRI、多导仪相比, 其造价更低, 测量更方便, 对测量对象的影响更小, 更易得出最接近自然状态的被试特征, 而上述研究也确实表明利用书写对一些生理心理疾病进行诊断或结合其他方式进行协同诊断具有一定可行性。而目前研究都存在数据量较小的问题, 这需要更多的单位间合作, 得到更具代表性的数据, 最后作出可靠的常模, 这对于以后的临床研究、学校、企业等的人才测评等将具有重大意义。

2.4. 对认知倾向与能力及其他基本心理过程的研究

书写熟悉与不熟悉材料时一些书写指标存在显著差异(如 Dixon 等, 1993), Tucha 等(2004)研究发现对于同样一个字母来说, 单独写时流畅性更低, 而放到单词中书写流畅性更高, 这一方面说明即使是对于线性非整体的拉丁语系语言来说个体亦存在整体加工的倾向, 另一方面也可能说明过分关注细节可能会状态性降低个体的思维流畅性。对于我们来说, 我们同样可以研究汉字单独书写与置于短句中书写时的差异, 以此找出其关键的辨别特征。将之推广到篇章抄写任务评估中, 我们可能可以测量不同个体的组块风格、工作记忆能力差异等(Olive, 2004), 在对于青少年的学习策略如书写习惯、听课习惯、笔记习惯等的培养将具有重大意义。

阿尔茨海默患者与轻度认知损伤人群都体现出精细动作能力受损(Schröter 等, 2003), 大量研究表明书写对此有很好的测量效果, 例如, 中等病程的阿尔茨海默症病人在书写过程中的提笔时间更长、笔压更轻(Werner 等, 2006), 字数更少、句子更短、错别字错误语法更多、段落布阵更倾斜、书写时间更长(酒野直树, 2014)。Rosenblem 等(2010)证明书写比目前通用的简易心智量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)在测量轻微认知损伤上更有优势。

2.5. 与语言学结合研究

在西班牙语、法语(Kandel 等, 2006)等字母语言书写过程中人们倾向于使用音节作为组块进行书写加工, 即音节间笔画书写会显著慢于音节内笔画书写, 而在此之外, 两字母组合在语言中的出现频率也会影响到字母间处理速度(Kandel 等, 2011)。

2.6. 书写干预方法研究

一些研究发现书写障碍者存在握笔姿势错误的问题, 引导其纠正握笔姿势可以一定程度上帮助缓解书写障碍(Van Gemmert & Teulings, 2006)。将来我们可以考虑研究通过生物反馈技术实时向个体通报其握

笔姿势正误, 助其实时调整握笔姿势, 使手臂肌肉最大限度得到放松, 最终提高书写的自动化水平, 使其思维更好的集中在需要思考的内容而非书写过程上。郑日昌(2000)、金一贵(2001)等人在书写干预方面做了大量实践, 认为通过改变书写习惯可以改变性格, 比如说写长横使个体心胸更开阔, 将字写得稍为松散以降低焦虑, 篇章上两侧边留白以提高人际关系等等, 这些在基础研究中尚未得到严格的证明, 需要进行进一步研究。

3. 反思及前景探讨

笔迹学及运笔学成长的一路上都有质疑的声音相伴, 但这些论证主要针对笔迹学。笔迹学存在的不足包括不同研究结果之间存在一些矛盾、笔迹学家所作判断存在主观性、客观指标的缺乏等。运笔学在以下一些角度有待进步: (1) 设备成本偏高、普及性不足, 多数研究被试量都偏少, 结果不一致性较大; (2) 计算机团队与心理专业团队合作不够(国内尤其如此), 导致很多计算机模式识别的成果不能很好的应用到书写的心理学研究中, 这也使很多论文明显存在数据挖掘不够深入的问题; (3) 目前还是一门非常年轻的学科, 公认的实验范式较少, 不同研究的数据难以共享; (4) 对书写过程的大数据采集少, 多数实验都针对某一精细领域, 难以对笔迹学的结论进行验证。

由此, 在后续的运笔学研究中, 我们应尽量提高样本的质量, 选取更有代表性的样本并获取尽量多的数据, 研究过程中应加大学科交流, 从多个角度去对数据进行挖掘与解读, 在实践中总结出更好的标准化研究范式。具体可以由以下几个角度去操作。

3.1. 研究更好的心理测量工具

整体来说, 对于极端人群或极端状态的研究比较容易发现差异, 同时亦具有明显的应用价值, 因此这类论文在运笔学论文中占了主导, 但通过少量的个体差异研究(如 Phillips, 1999)结果, 考虑目前硬件的高灵敏度, 相信对于书写的测量完全可以应用到对于普通人的个体差异研究上, 成为心理测量的一个重要补充, 甚至替代某些自陈式量表。事实上, 一些研究已经发现, 通过笔迹来测量一些人格特征并进行现实生活中的职业生涯预测比一些量表具有更好的效度(如童辉杰, 2003)。

从细节上, 目前的运笔学多是针对简单文字或笔画的一些简单特征进行研究, 而汉字变化较多, 特征提取相对英文等字母文字要相对复杂, 但随着汉字手写识别技术的不断发展, 我们完全可以考虑用精确的测量方法来验证笔迹心理学所提及的各种特征如各种笔画的分别的压力变化特征、倾斜、弧度等, 找出与每一个心理或生理特征相关性最大的几个笔迹特征, 进而发展出一个有较高信度效度及广泛应用价值的测量工具来。

3.2. 利用运笔学来促进笔迹学的发展

书写是多种内外因素共同影响的结果, 受时间、心理生理状态、人格特质、背景环境等多种因素影响, 一般来说, 几乎没有两个人能写出完全相同的字, 即使是同一个人同一时间段内写出的两个相同的字也存在细微或明显的差别, 这里就涉及“变与不变”的问题, 目前笔迹学的研究只能粗略阐述“不变”包括单字的写法特征、笔顺特征, 基本的搭配比例等, 随着新工具的引入, 我们期待找出更多可量化、可供机器识别的动力特征如笔压变化、速度变化、提笔后运动特征、握笔特征等等。一些学者发现改变书写方式、姿态或身体器官书写时一些笔迹特征坚强存在, 可以考虑结合具身认知的一些研究范式进行深入的心理探讨, 同时找出一些同一性判断的最佳指标与方法, 这对于刑侦应用将具有非常大的意义。

另外, 笔压、笔倾斜等运笔特征的变化会带来作为结果的二维笔迹的变化, 通过大量基础研究工作的积累, 在可以预见的未来, 我们可以考虑一定程度上将二维的笔迹数据还原为更高维的书写数据(时间,

三维位置 x, y, z 压力, 笔在竖直及水平方向的倾斜, 握笔力度, 握笔位置等), 更好的再现书写过程并由此推断书写者在书写过程中的种种认知、情绪情感状态等, 对于学校教育、心理咨询、犯罪心理解剖及预防等诸多领域都将起到重大作用。

3.3. 与其他学科的结合(键盘, 触摸屏, 人工智能, 医学, 教育学, 语言学等)

运笔学主要应用了计算机的方法对个体特征进行识别与分析, 可以更好的实现去专家化与标准化, 可以与计算机辅助决策、计算机辅助身心疾病诊断、机器人学等多种理论研究与应用进行结合, 而相关工具除了数位板之外还可以囊括普通智能手机(Gao 等, 2012)、电子书写笔(Chau 等, 2006)、压感垫(Tani & Yamada, 2012)、压感键盘、电容鼠标(Hernandez 等, 2014)、普通鼠标(Lane & Ziviani, 2010)及各种游戏工具等, 这些工具的普及一方面使得心理测量的任务更加贴近日常生活, 但容易得到最接近测量对象正常状态下的数据, 另一方面通过在人机交互活动中提高对个体反馈信息的质量, 亦可以更好的帮助各种疾病治疗、习惯矫正等的实施, 提高个体的生活及工作质量。

参考文献 (References)

- 金一贵(2001). 书写心理与优良个性培养. *厦门教育学院学报*, 3(3), 30-35.
- 酒野直樹(2014). *A Characteristic and the Assessment of the Writing Impairments in Subjects with Alzheimer's Disease*.
- 沈臻懿(2012). 左手伪装笔迹鉴定实证研究——以汉字硬笔书写为基准. 硕士学位论文, 上海: 华东政法大学.
- 童辉杰(2003). 笔迹, 人格及能力测验在人员选拔中效度的比较. *心理科学*, 26(2), 362-363.
- 童章毅(2003). 条件变化笔迹的研究. *中国司法鉴定*, (3), 26-29.
- 涂丽云(2006). 女性笔迹分析与鉴定. *中国人民公安大学学报: 自然科学版*, 12(2), 25-27.
- 郑日昌(2000). *笔迹心理学*. 沈阳市: 辽海出版社.
- Alamargot, D., Chesnet, D., Dansac, C., & Ros, C. (2006). Eye and Pen: A New Device for Studying Reading during Writing. *Behavior Research Methods*, 38, 287-299.
- Bailey, C. A. (1988). Handwriting: Ergonomics, Assessment and Instruction. *British Journal of Special Education*, 15, 65-71.
- Bo, J., Colbert, A., Lee, C. M., Schaffert, J., Oswald, K., & Neill, R. (2014). Examining the Relationship between Motor Assessments and Handwriting Consistency in Children with and without Probable Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35, 2035-2043.
- Chau, T., Ji, J., Tam, C., & Schweltnus, H. (2006). A Novel Instrument for Quantifying Grip Activity during Handwriting. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 1542-1547.
- 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, 4375-4384.
- Dixon, R. A., Kurzman, D., & Friesen, I. C. (1993). Handwriting Performance in Younger and Older Adults: Age, Familiarity, and Practice Effects. *Psychology and Aging*, 8, 360.
- Falk, T. H., Tam, C., Schellnus, H., & Chau, T. (2011). On the Development of a Computer-Based Handwriting Assessment Tool to Objectively Quantify Handwriting Proficiency in Children. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104, e102-e111.
- Gao, Y., Bianchi-Berthouze, N., & Meng, H. (2012). What Does Touch Tell Us about Emotions in Touch Screen-Based Game Play? *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 19, 31.
- Guinet, E., & Kandel, S. (2010). Ductus: A Software Package for the Study of Handwriting Production. *Behavior Research Methods*, 42, 326-332.
- Hamstra-Bletz, L., & Blöte, A. (1993). A Longitudinal Study on Dysgraphic Handwriting in Primary School. *Journal of Learning Disabilities*, 26, 689-699.
- Hernandez, J., Paredes, P., Roseway, A., & Czerwinski, M. (2014). Under Pressure: Sensing Stress of Computer Users. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 51-60). New York, NY: ACM.

- Jin, W., Wang, Y., & Tan, T. (2005). Text-Independent Writer Identification Based on Fusion of Dynamic and Static Features. In *Advances in Biometric Person Authentication* (pp. 197-204). Berlin Heidelberg: Springer.
- Kandel, S., Álvarez, C. J., & Vallée, N. (2006). Syllables as Processing Units in Handwriting Production. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 18-31.
- Kandel, S., Peereman, R., Grosjacques, G., & Fayol, M. (2011). For a Psycholinguistic Model of Handwriting Production: Testing the Syllable-Bigram Controversy. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1310-1322.
- Kosterman, B. J. M., Westzaan, P. S. H., & Van Wieringern, P. C. W. (1994). Developmental Trends of Fine Motor Performance in Primary School Children: A Kinematic Analysis. In C. Faure, P. Keuss, G. Lorette, & A. Vinter (Eds.), *Advances in Handwriting and Drawing: A Multidisciplinary Approach* (pp. 247-258). Paris: Europia.
- Lane, A. E., & Ziviani, J. M. (2010). Factors Influencing Skilled Use of the Computer Mouse by School-Aged Children. *Computers & Education*, 55, 1112-1122.
- Luria, G., & Rosenblum, S. (2010). Comparing the Handwriting Behaviors of True and False Writing with Computerized Handwriting Measures. *Applied Cognitive Psychology*, 24, 1115-1128.
- Mai, N., & Marquardt, C. (1992). *CS-Computer-Assisted Movement Analysis in Handwriting. Operational Manual*. Munich: MedCom Verlag.
- Margolin, D. I., & Wing, A. M. (1983). Agraphia and Micrographia: Clinical Manifestations of Motor Programming and Performance Disorders. *Acta Psychologica*, 54, 263-283.
- Mavrogiorgou, P., Mergl, R., Tigges, P., El Husseini, J., Schröter, A., Juckel, G., Hegerl, U. et al. (2001). Kinematic Analysis of Handwriting Movements in Patients with Obsessive-Compulsive Disorder. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 70, 605-612.
- Mergl, R., Tigges, P., Schröter, A., Möller, H. J., & Hegerl, U. (1999). Digitized Analysis of Handwriting and Drawing Movements in Healthy Subjects: Methods, Results and Perspectives. *Journal of Neuroscience Methods*, 90, 157-169.
- Olive, T. (2004). Working Memory in Writing: Empirical Evidence from the Dual-Task Technique. *European Psychologist*, 9, 32-42.
- Olive, T. (2010). *Methods, Techniques, and Tools for the On-Line Study of the Writing Process*. Writing: Processes, Tools and Techniques, 1-18.
- Olive, T., & Kellogg, R. T. (2002). Concurrent Activation of High- and Low-Level Production Processes in Written Composition. *Memory & Cognition*, 30, 594-600.
- Paz-Villagrán, V., Danna, J., & Velay, J. L. (2014). Lifts and Stops in Proficient and Dysgraphic Handwriting. *Human Movement Science*, 33, 381-394.
- Phillips, J. G., Stelmach, G., & Teasdale, N. (1989). Preliminary Assessment of Spatiotemporal Control of Handwriting in Parkinsonians. In: R. Plamondon, C. Y. Suen, M. L. Simner, Eds., *Computer Recognition and Human Production of Handwriting* (pp. 317-331). Singapore: World Scientific.
- Phillips, L. H. (1999). Age and Individual Differences in Letter Fluency. *Developmental Neuropsychology*, 15, 249-267.
- Rosenblum, S. (2009). *Diagnosis Method and System Based on Handwriting Analysis*. U.S. Patent Application 13/127, 649.
- Rosenblum, S., Parush, S. & Weiss, P., (2003a). Computerized Temporal Handwriting Characteristics of Proficient and Poor Handwriters. *American Journal of Occupational Therapy*, 57, 129-138.
- Rosenblum, S., Weiss, P. L., & Parush, S. (2003b). Product and Process Evaluation of Handwriting Difficulties. *Educational Psychology Review*, 15, 41-81.
- Rosenblum, S., Weiss, P., & Parush, S. (2001). Temporal Measures of Poor and Proficient Handwriters. In R. G. J. Meulenbroek, & B. Steenbergen (Eds.), *Proceedings of the 10th Biennial Conference of the International Graphonomics Society* (pp. 119-125). Nijmegen: IGS Pub.
- Rosenblum, S., Werner, P., Dekel, T., Gurevitz, I., & Heinik, J. (2010). Handwriting Process Variables among Elderly People with Mild Major Depressive Disorder: A Preliminary Study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22, 141-147.
- Schröter, A., Mergl, R., Bürger, K., Hampel, H., Möller, H. J., & Hegerl, U. (2003). Kinematic Analysis of Handwriting Movements in Patients with Alzheimer's Disease, Mild Cognitive Impairment, Depression and Healthy Subjects. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 15, 132-142.
- Slepian, M. L., & Ambady, N. (2012). Fluid Movement and Creativity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 625.
- Sumner, E., Connelly, V., & Barnett, A. L. (2013). Children with Dyslexia Are Slow Writers Because They Pause More Often and Not Because They Are Slow at Handwriting Execution. *Reading and Writing*, 26, 991-1008.

- Tani, T., & Yamada, S. (2012). Applying Key Typing Pressure to Estimate a User's State of Activity. In *RO-MAN, 2012 IEEE* (pp. 185-190).
- Tseng, M. H., & Cermak, S. A. (1993). The Influence of Ergonomic Factors and Perceptual-Motor Abilities on Handwriting Performance. *American Journal of Occupational Therapy, 47*, 919-926.
- Tucha, O., Trumpp, C., & Lange, K. W. (2004). Limitations of the Dual-Process-Theory Regarding the Writing of Words and Non-Words to Dictation. *Brain and Language, 91*, 267-273.
- Tucha, O., Walitza, S., Mecklinger, L., Stasik, D., Sontag, T. A., & Lange, K. W. (2006). The Effect of Caffeine on Handwriting Movements in Skilled Writers. *Human Movement Science, 25*, 523-535.
- Van Galen, G. P., Portier, S. J., Smits-Engelsman, B. C. M., & Shomaker, L. R. B. (1993). Neuromotor Noise and Poor Handwriting in Children. *Acta Psychologica, 82*, 161-178.
- Vrij, A., Fisher, R. P., Mann, S., & Leal, S. (2008). A Cognitive Load Approach to Lie Detection. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling, 5*, 39-43.
- Vrij, A., Fisher, R., Mann, S., & Leal, S. (2006). Detecting Deception by Manipulating Cognitive Load. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 141-142.
- Werner, P., Rosenblum, S., Bar-On, G., Heinik, J., & Korczyn, A. (2006). Handwriting Process Variables Discriminating Mild Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 61*, P228-P236.
- Yu, K., Epps, J., & Chen, F. (2011). Cognitive Load Evaluation of Handwriting Using Stroke-Level Features. In *Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 423-426). New York, NY: ACM.
- Smits-Engelsman, B. C., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine Motor Deficiencies in Children Diagnosed as DCD Based on Poor Grapho-Motor Ability. *Human Movement science, 20*, 161-182.
- Klöppel, S., van Eimeren, T., Glauche, V., Vongersichten, A., Münchau, A., Frackowiak, R. S., & Siebner, H. R. (2007). The Effect of Handedness on Cortical Motor Activation during Simple Bilateral Movements. *Neuroimage, 34*, 274-280.
- Poon, K. W., Li-Tsang, C. W. P., Weiss, T. P. L., & Rosenblum, S. (2010). The Effect of a Computerized Visual Perception and Visual-Motor Integration Training Program on Improving Chinese Handwriting of Children with Handwriting Difficulties. *Research in Developmental Disabilities, 31*, 1552-1560.
- Paz-Villagrán, V., Danna, J., & Velay, J. L. (2014). Lifts and Stops in Proficient and Dysgraphic Handwriting. *Human Movement Science, 33*, 381-394.
- Rosenblum, S., Werner, P., Dekel, T., Gurevitz, I., & Heinik, J. (2010). Handwriting Process Variables among Elderly People with Mild Major Depressive Disorder: A Preliminary Study. *Aging Clinical and Experimental Research, 22*, 141-147.
- Tucha, O., Putzhammer, A., Aschenbrenner, S., Eichhammer, P., Sartor, H., Klein, H. E., & Lange, K. W. (2003). The Impact of Tricyclic Antidepressants and Selective Serotonin Re-Uptake Inhibitors on Handwriting Movements of Patients with Depression. *Pharmacopsychiatry, 36*, 293.
- Van Gemmert, A. W., & Teulings, H. L. (2006). Advances in Graphonomics: Studies on Fine Motor Control, Its Development and Disorders. *Human Movement Science, 25*, 447-453.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ap@hanspub.org