arXiv:2603.06332v1 [eess.AS] 6 Mar 2026

芬兰语、法语和斯洛伐克语中自闭症儿童与非自闭症儿童语音的跨语言韵律分析

Ida-Lotta Myllyl¨a[1],*Sofoklis Kakouros*[2]

[1]赫尔辛基大学语言系[2]坦佩雷大学信号处理研究中心语音与认知研究组

ida-lotta.myllyla@helsinki.fi,sofoklis.kakouros@tuni.fi

摘要

自闭症中的韵律差异已有充分记录，但跨语言证据仍然有限。本研究考察了芬兰语、法语和斯洛伐克语说话者多语言语料库中的自闭症韵律特征。研究从5,000多个停顿间单位中提取了88项声学特征，并通过主成分分析（PCA）对数据进行降维，随后采用线性混合效应模型（LMMs）进行分析。

从跨语言角度来看，自闭症说话者表现出更高的总体强度变异性，以及更清晰、气声更少的嗓音质量（更高的谐噪比和阿尔法比），同时时间强度动态减弱，中心 f_0降低。单语分析揭示了语言特异性的细微差异：斯洛伐克语结果与跨语言 f_0 模式一致，但在嗓音质量方面存在差异；芬兰语结果则与更广泛的嗓音质量发现相吻合。

这些结果强调，在研究自闭症可能存在的跨语言标记时，除传统的音高测量指标外，还应纳入嗓音质量和强度动态。研究发现对基于缺陷的模型提出了质疑，转而表明不同语言中存在复杂且在声学上独特的韵律特征。

索引词：韵律、儿童语音、自闭症、芬兰语、法语、斯洛伐克语

1. 引言

自闭症是一种神经发育状况，其特征是社会交往和互动方面存在差异 [1]。自闭症人士的语用交际可能偏离神经典型规范[2], , 其韵律也可能不同于非自闭症同龄人 [3]。尽管群体存在显著异质性，且说话者之间也有差异，音高（基频， f_0）仍被认为是主要差异领域之一 [4, 3]。声学分析报告了变异性／范围增大 f_0 ，也报告了相反的情况，即变异性较低；这类韵律极端表现可能是自闭症的显著标记 [5, 3]。其他特征还包括强度、时间韵律和嗓音质量方面的差异 [6, 4, 3, 7]。尽管在不同语言内部及跨语言研究中均发现了与自闭症相关的韵律特征 [3, 8], , 但跨语言证据仍然有限。荟萃分析指出 f_0 是一个稳健的标记，但嗓音质量特征的实证清晰度不足 [6, 7]。我们通过分析多语与单语数据集来弥补这些不足，从而识别可能区分不同诊断组的韵律特征。

采用神经多样性框架，我们将自闭症视为一种状态，而非障碍。我们使用身份优先的表述（“自闭症说话者”），以体现自闭症社群的偏好 [9]。在涉及临床分类以及确保与既有文献可比时，我们保留诊断术语“自闭症谱系障碍”（ASD）。我们强调尽管按照神经典型者的标准，韵律差异可能被视为“非典型”，但它们并非固有缺陷。相反，这些差异可能源于独特的神经运动特征，或不同的沟通优先事项，例如突出语义信息或调节认知负荷 [10, 11]。因此，这些模式可能反映了自闭症中独特感觉与认知加工方式所对应的功能性适应 [4, 12]。

2. 材料

如表1所示，本研究使用了三个数据集，分别对应所研究的三种语言：芬兰语、法语和斯洛伐克语。

2.1. 芬兰语数据集

芬兰语数据采集于芬兰赫尔辛基，参与者为六名以芬兰语为母语、患有自闭症的男性（11–13岁），均被诊断为阿斯伯格综合征（ICD-10 [13]）。对照数据采集自六名年龄匹配的非自闭症男性。自闭症参与者在医院开展的社交技能干预中进行自发性小组讨论时接受录音。每次活动约持续两小时，包括自由讨论和棋盘游戏。三名参与者参加了一次活动，另外三名参加了另一次活动。对照组在学校参加由教师主持的类似自由讨论时接受录音。所有活动均在安静环境中使用便携式录音机和头戴式麦克风录制（16位单声道，44.1 kHz）。

2.2. 法语数据集

法语数据采集自瑞士日内瓦和洛桑，参与者为六名以法语为母语、患有自闭症的男性和三名非自闭症对照者（11–13岁）。自闭症参与者在言语治疗小组干预期间接受录音。每次活动约持续一小时，包括自由讨论和游戏。两名参与者参加了一次活动，另外四名参加了另一次活动。对照组在由成人主持的类似自由讨论环境中接受录音。所有活动均在安静环境中使用便携式录音机和头戴式麦克风录制（16位单声道，44.1 kHz）。

2.3. 斯洛伐克语数据集

所使用的斯洛伐克语数据为斯洛伐克自闭症与非自闭症儿童语音语料库（SANACS） [14], , 由被诊断患有自闭症谱系障碍的儿童与一名非自闭症成年实验者之间的协作式、任务导向对话组成。数据包含67名6–12岁儿童（平均年龄9.2岁）的语音：37名自闭症儿童（女性7名，男性30名）和30名非自闭症儿童（女性7名，男性23名）。诱发采用地图任务，每名儿童在任务中既担任跟随者，也担任描述者。所有会话均使用便携式录音机和麦克风录制，以采集立体声音频，并从中将儿童语音音轨提

语言 自闭症谱系障碍（语调单位/身份标识符）	CRT（语调单位/身份标识符）	平均时长（秒）	总计（语调单位/身份标识符）
芬兰语	1323 / 6	249 / 6	2.11	1572 / 12
法语	884 / 6	659 / 3	1.79	1543 / 9
斯洛伐克语	2867 / 37	2230 / 29	2.36	5097 / 66
ALL	5074 / 49	3138 / 38	2.20	8212 / 87

表1： 按语言汇总各诊断组的语调单位、唯一说话人 *ID* 及平均录音时长。

取。该语料库由斯洛伐克科学院信息学研究所以及位于布拉迪斯拉发夸美纽斯大学的自闭症学术研究中心录制。

2.4. 数据预处理

所有语音数据均被分割为语调单位（停顿间单位），即由一位说话人产生、停顿至少为 200 毫秒的语音片段。分割过程使用强度阈值自动完成，并经人工验证。分析前，剔除了包含重叠语音的语调单位，以及仅由非词汇性发声构成的语调单位。此阶段还从斯洛伐克语数据集中排除了一位说话人，因为其数据中有大量重叠语音和仅由非词汇性犹豫标记构成的语调单位。

3. 方法

3.1. 特征提取

所有语音录音均使用开源音频特征提取工具包 openSMILE 进行处理，并采用 eGeMAPS 话语级函数配置 [15], , 为每个语调单位生成一个 88 维特征向量。该配置将选定的低层描述符与其统计函数相结合，涵盖 f_0、强度、频谱特征和嗓音质量测量指标。提取的特征全面呈现韵律动态和嗓音质量特征，涵盖音高与能量分布、频谱平衡和时间变异性，为语音学研究提供标准化且与生理相关的基线。虽然该配置并不全面，但能确保与现有文献的可比性，同时分离出关键标记，以供未来进行高维探索。特征输出汇总后构成跨语言数据集，其中包含每个语调单位所需的元数据（即说话人 ID、组别、语言、性别和年龄），用于统计建模。相应地，还汇编了各语言的数据集。

3.2. 统计分析

3.2.1. 主成分分析

为解决提取特征中的多重共线性问题，所有数据集均采用主成分分析（PCA）。主成分分析是一种降维技术，可将一组相关变量转换为一组规模较小的不相关成分，每个成分都能捕捉数据中一个独特的变异维度。每个成分由载荷定义，即原始特征与该成分之间的相关性。载荷反映了各特征对成分的贡献程度，有助于对各成分所代表的内容进行声学解释。分析前，使用缩尾处理去除数据中的异常值，将数值限制在第 2.5 和第 97.5 百分位数处。随后对数据进行 z 分数标准化，以确保所有特征在分析中具有适当的影响力。

主成分分析分两个阶段进行：首先针对合并后的跨语言数据集进行分析，然后分别对每种语言的数据集进行分析，从而识别跨语言及语言内部的韵律模式。主成分分析基于经过缩放的 88 特征矩阵进行，并依据两项标准保留各数据集的前 10 个主成分进行分析：1）所有 10 个主成分的方差（特征值）均大于 1.0，符合凯泽准则；2）这 10 个主成分共同解释了相当比例的累积方差（跨语言数据集：63.69%；芬兰语：60.33%；法语：65.48%；斯洛伐克语：65.43%）。这一稳健的折中显著降低了数据维度，同时最大限度地保留了声学韵律变异。我们未进一步探究剩余方差的来源，因为它们可能源自细微的个体差异或情境差异；我们选择将这一研究课题留待未来探讨。

通过解读每个主成分中绝对载荷最高的前 10 个特征，确定各数据集的成分。为确保定义不冗余，采用“最大载荷规则”：若某个特征出现在多个主成分的前 10 个特征中，则仅将其归入绝对载荷最高的那个成分，从而确保每个定义特征都能最大程度地贡献于其所属主成分所代表的概念。随后在混合效应建模中使用这些正交分量（见表 2—4 中的主成分摘要）。

尽管主成分分析在法语数据集中揭示了与其他语言一致的成分结构（例如，强度、 f_0和嗓音质量维度彼此区分），但后续建模未发现显著差异，这归因于样本量有限。因此，不再进一步详述主成分或混合效应建模。不过，法语数据有效地纳入了合并跨语言模型，有助于识别不受语言特定基线影响的共同韵律模式。

PC	描述
PC1	总体与中央强度
PC2	频谱平衡、MFCC-1
PC3	强度动态、中央 f_0、频谱变化
PC4	嗓音清晰度、谐波性
PC5	f_0 变化，快速 f_0 扰动（抖动）
PC6	共振峰共鸣、带宽变化、发声
PC7	清音频谱质量、强度一致性
PC8	共振峰频率与稳定性
PC9	浊音段时长、F1稳定性
主成分10短期扰动	，发音速率

表 2： 跨语言主成分总结。

PC	描述
PC1	总体与中央强度
PC2	频谱平衡、嗓音质量
PC3	共振峰、 f_0、清晰度
PC4	f_0 变化、频谱动态
PC5	f_0 范围、强度最小值、频谱变化
PC6	第二共振峰轮廓、倒谱特征
PC7	谱倾斜， f_0 动态
PC8	清音段时长、微扰
PC9	浊音段时长、抖动
主成分10	f_0 下降动态、声学变异性

表 3： 芬兰语主成分汇总。

3.2.2. 线性混合效应建模

对于每个数据集，我们针对 10 个主成分分别拟合线性混合效应模型（LMM）。主成分得分作为因变量，组别（参照组：自闭症谱系障碍）作为固定效应，并将标准化后的年龄和性别作为协变量。

单语模型为说话人设置了随机截距。跨语言模型采用了嵌套随机

PC	描述
PC1	整体与动态强度
PC2	频谱平衡、MFCC-1、嗓音质量
PC3	中央 f_0、嗓音清晰度、发音速率
PC4	嗓音清晰度、梅尔频率倒谱系数-2、共振峰频率
PC5	清音段时长、声学变异性
PC6	f_0 变异性、抖动、微扰
PC7	共振峰稳定性、浊音段时长
PC8	时间节律、谱倾斜
PC9	清音频谱质量、第4阶梅尔频率倒谱系数
PC10	f_0 轮廓动态与扰动

表4：斯洛伐克语主成分摘要。

截距结构（语言内的说话人），以处理层级性的非独立来源。这一结构明确地对不同语言和说话人之间的基线韵律变异进行建模，从而确保结果反映的是组间差异，而不受所说具体语言的影响。

为校正多重检验，在建模过程中使用Benjamini-Hochberg 假发现率（FDR）程序 [16], 对组别效应的 p 值进行调整，显著性阈值为 $p < 0.05$。置信区间（95%置信区间）使用轮廓似然法计算。最后，所有模型经检查的调整后组内相关系数（ICC）均表明需要采用混合效应结构；通过目视检查确认了模型假设（方差齐性、残差正态性和随机效应）成立。

4. 结果

4.1. 跨语言组别比较

在确定不同语言中各说话人组的韵律特征差异时，线性混合模型在三个主成分上得出了显著结果，这些主成分包含不同的声学特征：主成分3（强度动态、中央 f_0、频谱变化）、PC4（嗓音清晰度、谐波性）和主成分7（清音频谱质量、强度一致性）。线性混合模型的结果见表5。估计值为负表示对照组的得分较低，而自闭症说话者组的得分较高。

主成分3的最高载荷特征包括：作为帧间频谱变化的平均频谱通量、以半音计的平均 f_0 、以半音计的 f_0 的第20百分位数和中位数、强度轮廓上升段与下降段的平均平滑斜率、下降强度轮廓斜率的标准差，以及浊音帧上0–500Hz频段的平均谱斜率。该主成分捕捉了动态强度变化、中心 f_0 水平以及频谱特征的短时变化。线性混合模型显示，与对照组说话者相比，自闭症说话者在主成分3上的得分显著更低，表明自闭症说话者的言语具有更低的总体 f_0、减弱的动态强度变化（斜率降低）以及减弱的帧间频谱变化，指向频谱上较为一致的能量分布，且在各帧之间保持相对恒定。

PC4是嗓音质量的一个成分，其最高载荷包括谐噪比的均值和标准差、浊音帧的平均阿尔法比以及H1-H2能量差。该主成分得分较高与更清晰、更有力且气声更少的声音相关。线性混合模型显示，与对照组说话者相比，自闭症说话者在该成分上的得分显著更高。这表明对照组说话者呈现出发声规则性降低或谐波能量平衡不同的特征，而自闭症说话者组则表现为清晰度提高、气声减少。

主成分7结合了嗓音质量和强度特征，其中载荷最高的是清音帧的平均阿尔法比和平均哈马伯格指数、强度变异系数（标准差/均值）、频谱通量变异系数，以及 500–1500Hz 频带内谱斜率的均值和变异系数。该主成分得分较高表明清音具有特定的音质，且强度一致性较低。线性混合模型显示，与对照组说话者相比，自闭症说话者在该成分上的得分显著较高。这表明组别间的清音频谱轮廓和强度存在明显差异。对照组说话者的强度变异性较低，清音片段的频谱特征也较不突出。相反，自闭症说话者的强度变异性较高，清音片段的高频能量也更强，这表明其发音在声学上具有独特性。

PC	*β*	*SE*	*df*	*t*	FDR-*p*	95%置信区间
PC3	1.64	0.48	79.01	3.442	0.005 *	[0.72, 1.16]
PC4	-0.86	0.31	77.02	-2.71	0.03 *	[-1.47, -0.25]
PC7	-0.65	0.15	79.26	-4.42	< 0.01 *	[-0.94, -0.36]

表5：跨语言分析中线性混合模型的结果。

4.2. 芬兰语组间比较

在芬兰语中遵循相同的主成分确定流程后，各类声学特征被整合为一组独特的主成分，并用于后续的线性混合模型。仅PC2（频谱平衡、嗓音质量）模型显示出显著效应。PC2捕捉了频谱形状和嗓音质量特征，包括浊音帧的平均阿尔法比和平均哈马伯格指数、MFCC-1的均值与变异性、HI-A3差值，以及第一共振峰振幅和带宽。

PC

2 β = 的线

3 98, = 1 05, = 8 51, = 3 80, = 0 04, 95

性混合模型显示组别具有显著效应（ .标准误 .自由度 .*t*. FDR校正后的*p*. % CI [2.06, 5.90]），表明在由频谱平衡特征定义的该成分上，自闭症说话者得分较低，而对照组说话者得分较高。从声学上看，这些特征的高值对应于更陡的谱倾斜，即能量集中于 f_0 ，并在高次谐波中迅速衰减，这一特征符合更气息化的发声方式。因此，非自闭症芬兰语说话者表现出更气息化的嗓音质量，且低频优势更强；而自闭症说话者则表现出相对更清晰的嗓音质量，这与跨语言分析中观察到的嗓音清晰度模式一致。

4.3. 斯洛伐克语组间比较

斯洛伐克语特定分析采用了类似的方法。十个主成分中，只有PC3（中央 f_0、嗓音清晰度、发音速率）的模型显示说话人组之间存在显著差异。该主成分包含平均 f_0、半音表示的 f_0 最小值、平均谐波噪声比（HNR）以及每秒浊音片段数等特征；后者是用于衡量发音速率的节律变量。线性混合模型显示存在统计学显著效应（β = 1.64，标准误 = 0.49，自由度 = 62.04，t = 3.37，FDR 校正后的 p = 0.01，95%置信区间 [0.70，2.58]），表明说斯洛伐克语的自闭症说话人该主成分的得分显著低于对照组说话者。对此方向的结果进行解读后发现，自闭症组的言语可能具有较低的平均 f_0、较低的谐波性（HNR），和／或较慢的发音速率，相较于对照组的言语。

这一分析与关于核心特征的跨语言研究发现一致；在两种模型中，对照组在音高相关成分上的得分都显著更高。然而，在嗓音质量方面出现了有意义的差异。

跨语言 PC3 将音高与强度动态归为一组，而斯洛伐克语 PC3 则将其与发音速率和谐噪比联系起来，表明在这种语言中，发声清晰度的提高与对照组相关。这与跨语言研究结果形成对比：在后者中，一个独立的嗓音质量成分（ PC4）将较高的谐波性和清晰度与自闭症组联系起来。这凸显出，嗓音质量的声学标记未必是自闭症不可改变的特征，也会受到人群语言基线的影响。这些发现提醒我们，不应简单地将“自闭症声音”一概而论；同时也强调，嗓音质量仍是不同语言之间一个重要但取决于语境的区分因素。

5. 讨论

跨语言分析揭示了三个显著的主成分，有助于阐明区分自闭症说话者与非自闭症说话者的声学韵律模式。主成分7（清音频谱质量、整体强度一致性）得出了稳健的发现：自闭症说话者的得分显著较高，表明以变异系数衡量时，他们的语音具有更大的强度变异性。这进一步支持了此前关于强度变化的观察，而这些观察缺乏明确的实证依据 [17, 4]。结果表明，关键的区分因素可能并非平均强度，而是强度变化；这或许与维持强度调制一致性的差异有关。有意思的是，在主成分3的分析中，强度轮廓时间斜率 的动态性增强与对照组说话者相关。不同类型的强度变化呈现出这种区分，凸显了在描述变异性时采用精确方法的必要性。我们的结果并未将强度差异视为单一特征，而是揭示出一种异质性特征：自闭症组的整体波动幅度更大，而非自闭症组的轮廓则更陡峭。这一细微差异强调，强度变异性是一种多维构念；要解决以往文献中相互矛盾的发现，可能需要区分稳定性与动态调制，才能充分捕捉自闭症中的多样化韵律特征。

对主成分4（嗓音清晰度、谐波性）的分析显示，自闭症说话者在一个由高谐噪比和谱斜率定义的成分上得分更高，这对应于更清晰、气声较少的嗓音质量。这一发现对缺陷中心模型提出了挑战；在我们的跨语言样本中，自闭症说话者的发声比非自闭症同龄人更清晰，而后者较低的得分表明其发声相对更具气声，为嗓音质量提供了实证证据。自闭症说话者在主成分3（强度动态、中央 f_0、频谱变化）上的得分较低，表明其言语的中央 f_0 较低，这也增加了文献中音高研究结果的异质性；相关研究报告了 f_0 升高和降低的情况 [6, 4]。

各语言的分析提供了进一步的背景信息。在芬兰语数据集中，唯一显著的差异（PC2）与跨语言嗓音质量研究结果一致：非自闭症说话者的嗓音质量更为气声，而自闭症说话者的声音更清晰、更接近常态嗓音。关于 f_0，斯洛伐克语分析与跨语言模型的结果一致，自闭症说话者的平均 f_0较低。然而，嗓音质量方面出现了不同结果：在斯洛伐克语模型中，较高的谐噪比与对照组相关。嗓音质量的声学标记可能受群体语言与文化基线的影响，因此不宜对自闭症中的嗓音质量作简单、统一的描述。尽管如此，跨语言研究中关于嗓音质量的稳健发现仍值得进一步研究。

本研究采用稳健的方法，提供了相关的实证发现：运用主成分分析将88个相关特征降维为正交分量，以准确建模复杂的声学模式。重要的是，最显著的发现并非主要由 f_0界定，而是与嗓音质量和强度动态有关。这支持了扩大自闭症韵律研究关注范围、纳入较少研究现象的主张。

应当承认本研究存在一些局限，首先是数据分布不均衡。斯洛伐克语语料的数量超过芬兰语和法语数据集，这意味着跨语言研究结果受到斯洛伐克语数据的影响。此外，尽管嵌套随机效应结构旨在控制语言层面的基线差异，但法语样本量较小，无法进行稳健的单语建模。芬兰语和法语数据集的人口统计特征也相当同质，年龄范围较窄，且说话者均为男性。因此，尽管本研究发现的模式颇具说服力，但这些结果应被视为探索性发现，而非定论。此外，尚未将观察到的语言特定细微差异与各语言独有的音系结构进行详细对应。未来的跨语言研究应将音系理论纳入分析，考察自闭症中的韵律特征及其与语言其他领域的相互作用。

此外，芬兰语数据还存在轻微的情境混杂因素：自闭症参与者是在熟悉的组别环境中，于自然情境干预环节录制的，而对照组参与者则是在构建的对话情境中录制的，这可能会在不受诊断影响的情况下影响韵律的自然程度。最后，这些语料库未提供有关自闭症严重程度的详细临床元数据。不过，所有参与者都能进行口语交流并完成协作任务，这表明他们的特征符合较低支持需求者的情况；芬兰语自闭症说话者被诊断为阿斯伯格综合征（如今这一诊断已过时）也支持这一判断。

尽管存在这些局限，本研究仍具有价值，因为它在多样化的语言样本中识别出了稳定的声学模式，尤其是较少被报道的嗓音质量特征。跨语言模型中观察到的一致性表明，这些韵律标记可能超越特定的语言环境，为未来开展更均衡的跨语言研究奠定了有力基础。未来的研究应在规模更大、更加均衡的语料库中重复这一研究方法，以考察这些声学标记的语言独立性，并探究其对听者的感知显著性。

6. 结论

本研究发现，自闭症说话者与非自闭症说话者之间存在显著的韵律差异。非自闭症说话者的韵律与较高的音高和变化的强度斜率相关；而自闭症说话者的韵律主要表现为较少气声的常态嗓音质量，以及更大的强度变异性。这些结果进一步印证了现有发现，同时通过强调嗓音质量和强度在分析自闭症韵律的跨语言标记时所发挥的作用，揭示了关键细节。

7. 致谢

关于资助，ILM获得芬兰研究理事会资助，资助编号362906；SK则获得科内基金会资助的L-SCALE项目支持。作者谨此感谢芬兰CSC信息技术中心提供计算资源。

8. 参考文献

[1] C. Lord、M. Elsabbagh、G. Baird和J. Veenstra-Vanderweele，“自闭症谱系障碍”，《柳叶刀》，第392卷，第10146期，第508–520页，2018年。[2] M. Grice、S. Wehrle、M. Kr¨uger、M. Spaniol、F. Cangemi和K. Vogeley，“自闭症谱系障碍中的语言韵律——综述”，《语言与语言学指南》，第17卷，第5期，文章编号e12498，2023年。[3] R. Fusaroli、R. Grossman、N. Bilenberg、C. Cantio、J. R. M. Jepsen和E. Weed，“迈向自闭症声音标记的累积科学：基于跨语言元分析，对美国和丹麦自闭症儿童声学标记的调查”，《自闭症研究》，第15卷，第4期，第653–664页，2022年。[4] R. Fusaroli、A. Lambrechts、D. Bang、D. M. Bowler和S. B. Gaigg，“声音是否为自闭症谱系障碍的标记？系统综述与元分析”，《自闭症研究》，第10卷，第3期，第384–407页，2017年。[5] M. Wiklund和M. Vainio，“团体治疗课程数据中自闭症芬兰语和法语男孩语音的音高相关特征”，《比较语用学研究》，第45页，2019年。[6] J. Trayvick、S. B. Barkley、A. McGowan、A. Srivastava、A. W. Peters、G. A. Cecchi、J. H. Foss-Feig和C. M. Corcoran，“自闭症中的言语和语言模式：将自然语言处理作为研究和临床工具”，《精神病学研究》，第340卷，文章编号116109，2024年。[7] C. Guo、F. Chen、Y. Chang和J. Yan，“在词汇声调产生过程中应用随机森林分类，通过声音质量声学参数诊断自闭症”，《生物医学信号处理与控制》，第77卷，文章编号103811，2022年。[8] J. C. Lau、S. Patel、X. Kang、K. Nayar、G. E. Martin、J. Choy、P. C. Wong和M. Losh，“自闭症言语韵律差异的跨语言模式：一项机器学习研究”，《PLOS ONE》，第17卷，第6期，文章编号e0269637，2022年。[9] K. Bottema-Beutel、S. K. Kapp、J. N. Lester、N. J. Sasson和B. N. Hand，“避免使用健全主义语言：给自闭症研究者的建议”，《成年期自闭症》，第3卷，第1期，第18–29页，2021年。[10] J. J. Diehl和R. Paul，“自闭症谱系障碍儿童韵律系统特征中的韵律产生：声学与感知测量”，《应用心理语言学》，第34卷，第1期，第135–161页，2013年。[11] C. Thurber和H. Tager-Flusberg，“自闭症儿童、智力障碍儿童和正常儿童叙事中的停顿，作为认知负荷的指标”，《自闭症与发育障碍杂志》，第23卷，第2期，第309–322页，1993年。[12] D. E. Milton，“论自闭症的本体论地位：‘双重共情问题’”，《残障与社会》，第27卷，第6期，第883–887页，2012年。[13] 世界卫生组织，《ICD-10：国际疾病和相关健康问题统计分类》，第10版。日内瓦：世界卫生组织，2004年。[14] J. Kruyt、R. Sabo、K. Pol´onyiov´a、D. Ostatn´ıkov´a和Š. Be[15] nu´š，“斯洛伐克自闭症与非自闭症儿童语音语料库：面向任务的儿童与成人互动”，载于《2024年计算语言学、语言资源与评测联合国际会议论文集（LREC-COLING 2024）》，2024年，第16 094–16 099页。[16] F. Eyben、K. R. Scherer、B. W. Schuller、J. Sundberg、E. Andr[17] e、C. Busso、L. Y. Devillers、J. Epps、P. Laukka、S. S. Narayanan等，“用于声音研究和情感计算的日内瓦极简声学参数集（GeMAPS）”，《IEEE情感计算汇刊》，第7卷，第2期，第190–202页，2015年。¸˜Y. Benjamini和Y. Hochberg，“控制假发现率：一种实用且有效的多重检验方法”，《英国皇家统计学会杂志：B辑（方法论）》，第57卷，第1期，第289–300页，1995年。A. G. Olivati、F. B. Assumpcao Junior和A. R. N. Misquiatti，“自闭症谱系障碍个体言语语调模式的声学分析”，载于《Codas》，第29卷，SciELO Brasil，2017年