

رقمنة الاختبارات الأَرطفونية، و اقع عالي و آفاق في الجزائر: مراجعة منهجية

Digitization of Speech-Language Tests: Current State and Prospects in Algeria: A Systematic Review

محمد قرياتي عبد الله *

مخبر اللغة والمعرفة: الاضطرابات والنمو COGLANG، جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله

abdellah.mohamed-keriati@univ-alger2.dz

بوسبنة يمينة

مخبر اللغة والمعرفة: الاضطرابات والنمو COGLANG، جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله

yamina.bousebta@univ-alger2.dz

تاريخ القبول: 2024/12/11

تاريخ الإرسال: 2024/07/10

ملخص:

يعرف التوجه نحو رقمنة عملية التقييم والقياس أو استخدام الاختبارات الإلكترونية في ميدان الأَرطفونيا نموا متزايدا عبر العالم، تماشيا مع تنامي استغلال وتوظيف التكنولوجيا الرقمية في ميدان البحث العلمي، والممارسة العيادية، والصحة عموما. تهدف هذه الورقة البحثية إلى استعراض واقع التقييم والقياس القائم على التكنولوجيا الرقمية لمختلف الاضطرابات التي يعنى بها ميدان الأَرطفونيا وعلاج الكلام، وذلك على المستوى العالمي، وتبين دوافع هذا التوجه، وتخلص إلى عرض فوائده والنتائج المترتبة عنه في المجال العيادي وكذا البحث العلمي، تمثلت منهجية الدراسة في استقراء وتحليل الأدبيات العلمية من خلال 17 دراسة منشورة بالمجلات العالمية الرصينة، والتي تناولت موضوع التكنولوجيا والاختبارات الإلكترونية المستخدمة في علاج الكلام. بينت نتائج الاستقراء والتحليل أهمية التوجه نحو رقمنة الاختبارات في ميدان الأَرطفونيا، سواء تلك المتوفرة في شكلها الورقي، أو في تصميم وتكييف اختبارات جديدة، وأظهرت أن الاختبارات في صيغتها الرقمية تسهم في تحسين دقة النتائج، وتسهل عملية التقييم والتشخيص، وتوفر على الباحث والمختص العيادي الوقت والجهد، كما توفر بيئة جذابة وأكثر تفاعلية للطفل والحالة المختبرة، وخلصت الورقة إلى ضرورة تبني التقنيات التكنولوجية من طرف الباحثين والمختصين العياديين في الجزائر من خلال العمل على تطوير برامج على الكمبيوتر وتطبيقات على الهاتف وإنشاء مواقع ومنصات إلكترونية لمواجهة هذا التحدي.

الكلمات المفتاحية: الاختبارات الأَرطفونية؛ التقييم والقياس الإلكتروني؛ التكنولوجيا الرقمية؛ برامج ومنصات وتطبيقات.

:Abstract

* المؤلف المرسل

The increasing adoption of digital technology in research, clinical practice, and healthcare has spurred a global trend towards the digitization of assessment and measurement in the field of speech-language pathology (SLP). This research paper aims to review the current state of technology-based assessment and measurement across the spectrum of SLP disorders, identify the driving forces behind this shift, and highlight its benefits and implications for both clinical practice and research. The study methodology involved a comprehensive review and analysis of 17 studies that explored the use of technology and electronic testing in speech-language therapy. The findings of this review underscore the significance of digitizing SLP assessments, both in adapting existing paper-based tests and in designing and developing new ones. Digital assessments have been shown to enhance the accuracy of results, streamline the evaluation and diagnosis process, save researchers and clinicians time and effort, and provide a more engaging and interactive environment for children and individuals undergoing assessment. The paper concludes by emphasizing the need for Algerian researchers and clinicians to embrace technological advancements by developing computer programs, mobile applications, and online platforms to address this challenge. This digital transformation will not only improve the quality and efficiency of SLP assessment and measurement but also contribute to the advancement of research and clinical practice in the field of speech-language pathology.

Keywords: Electronic Assessment and Measurement; Digital Technology; Software, Platforms, and Applications; speech-language pathology Testing.

مقدمة:

يحتاج المختص الأَرطفوني إلى إجراء اختبارات تقييم لغوية ومعرفة شاملة وواسعة ودقيقة للحالة حسب نوع اضطرابها، حتى يتمكن من الكشف الصحيح والتشخيص السليم للاضطراب، وهذا فقط ما يسمح له بتحديد برنامج علاجي تكفلي مناسب، لذا تعتبر الاختبارات الأَرطفونية أداة رئيسية في عمل المختص الأَرطفوني في عيادته، إضافة إلى أنها إحدى أدوات البحث العلمي الأساسية التي يستخدمها الباحثون في تطوير أبحاثهم.

ومع التطور التكنولوجي الكبير الذي عرفه ميدان البحث في العالم، تم توظيف التقنيات والمقاربات القائمة على التكنولوجيا في ميدان الصحة عموماً، ومنها ميدان الأَرطفونيا واضطرابات اللغة والكلام، وتعتبر رقمنة اختبارات القياس والتقييم التي تعنى باللغة والكلام مجالاً ناشئاً، يستفيد مما تتيحه التكنولوجيا من أدوات في تعزيز جودة وكفاءة التدخل الأَرطفوني ابتداءً من تسهيل عملية الكشف والتشخيص إلى تطوير برامج العلاج والتأهيل، ويتضمن هذا المجال تحويل الاختبارات التقليدية الورقية إلى صيغ رقمية، إضافة إلى بناء اختبارات مبدؤها الخوارزميات والتقنية بمختلف أشكالها، حيث يمكن إدارة هذه الاختبارات بنوعها عبر الأجهزة المحمولة أو برامج وتطبيقات الويب.

1. الإشكالية:

يستغرق تقييم وقياس اضطرابات اللغة والكلام وقتاً، ويتطلب توفر متخصصين كثر، مما يترك العديد من الأفراد المصابين غير مشخصين وبالتالي غير متكفل بهم، أو يتأخر تشخيصهم كثيراً، فتتقص استجابتهم لبرامج التكفل والعلاج المطبقة وتقلّ النتائج. (VanDam & Yoshinaga, 2019)، إضافة إلى وجود العديد من العقبات التي تحول دون الحصول على تقييمات، منها التكلفة، وحتى عندما يتلقى الأفراد رعاية مهنية تكون التقييمات متقطعة، وقد تكون

محدودة جزئياً بسبب الطبيعة العرضية للأعراض الناشئة عن أمراض واضطرابات نفسية وعقلية (Low et al, 2019)، وعلى مدى أجيال، اقتصر تقييم اضطرابات الكلام في الاضطرابات العصبية التنكسية مثل مرض باركنسون (PD) على الاختبارات الإدراكية أو التحليل المختبري (داخل العيادة أو المخبر) بناء على عينات صغيرة إلى حد ما من النطاق البشري. (Hlavnička et al, 2017)، وإن طرق التقييم اليدوية التقليدية لها العديد من السلبيات، فغالبا ما تكون شاقة وتستغرق وقتاً طويلاً لإدارتها وتسجيلها، مما يتسبب في إجهاد إضافي للمريض (Themistocleous, 2023)، وحتى الوقت الحالي، لا يحصل جميع الأطفال الذين يحتاجون إلى علاج النطق على معالج، ومع النقص الدولي الحالي في أخصائي أمراض النطق واللغة، هناك طلب على أدوات عبر الإنترنت لدعم أخصائي أمراض النطق واللغة في مهامهم اليومية. (Attwell et al, 2022)

وبالرغم من وجود تقدم كبير في أدوات تقييم الكلام واللغة للمساعدة في تشخيص أخصائي أمراض النطق واللغة لاضطرابات الكلام، إضافة إلى أنه في السنوات الأخيرة، اكتسبت أدوات تقييم الكلام أيضاً شعبية بين أطباء الأطفال والمعلمين الذين يعملون مع الأطفال في مرحلة ما قبل الدراسة، إلا أنه يمكن أن تكون أدوات الكلام الآلية أكثر دقة في اكتشاف اضطرابات أصوات الكلام من طرق تقييم الكلام اليدوية (Usha & Alex, 2023). هذه المعطيات ساهمت في دفع الباحثين والمتخصصين إلى استغلال التدفق التكنولوجي الكبير الذي مس ميادين الحياة كلها في الآونة الأخيرة، فعملوا على تطوير أدوات وبرامج تقييمية وعلاجية تقوم على التكنولوجيا الرقمية، تستخدم في تقييم وتصحيح اضطرابات اللغة والتواصل لمختلف الأمراض لدى جميع الفئات، بعض هذه البرامج بسيطة، تعتمد على التغذية البصرية والسمعية، بينما البعض الآخر منها معقد، يسمح بتدريب مستمر على جوانب مختلفة من الكلام واللغة، حيث يساهم دمج المعطيات السمعية والبصرية في العملية العلاجية، توازياً مع عمل المختص في تحقيق أسرع لأهداف التكفل، مثل النطق الصحيح، وتطور الكلام واللغة والتواصل بشكل عام، إضافة إلى تحسين الحياة العاطفية، وتحفيز الخيال، وبعث الرغبة والدافع في التحسن لدى الحالة.

بغرض تحقيق تكفل وعلاج فعال باستخدام التكنولوجيا، تجسدت عدة مشاريع كبرى على المستوى الدولي، تمثلت في تطوير أنظمة معلومات خبيرة تسمح بإعداد مسارات ومقاربات ذات اتجاهين رئيسيين هما: تخصيص الإرشادات العلاجية لتطور الحالة، وتقييم الدافع والتقدم الذي تحققه الحالة، من هذه المشاريع الكبرى نجد مشروع OLP (Ortho-Logo-Paedia) موجه نحو علاج النطق لدى الطفل، أطلق سنة 2002، وهو ممول من الاتحاد الأوروبي، يعتبر مشروعاً معقداً، يشارك فيه معهد معالجة اللغة والكلام في أثينا وسبعة شركاء آخرين من المجالين الجامعي والطبي. يقوم على إنجاز نظام بثلاث وحدات هي (TELEMACHOS, GRIFOS, OPTICIA) بحيث تخصص الوحدة الأولى لمواجهة الصوت والفيديو، والثانية للتعرف على النطق، والثالثة لدمج التعليم بمساعدة الكمبيوتر، مشروع STAR هو مشروع آخر مثير للاهتمام، يهدف إلى تدريب النطق وتقويمه وعلاجه، يشرف عليه مستشفى Ai duPont للأطفال وجامعة Delaware بالولايات المتحدة الأمريكية، يهدف إلى بناء نظام يتعرف في البداية على النغمات ثم الجمل، حي تقدم مجموعة الأبحاث هذه نظام توليد صوت (ModelTalker) وتطبيقات أخرى مفتوحة المصدر لمعالجة الصوت، أما جهاز ICATIANI الذي طورته مجموعة معالجة الكلام TLATO، ومركز CENTIA بالمكسيك، فيعتمد على الأصوات والرسومات لممارسة نطق اللغة الإسبانية المكسيكية، ويستخدم تعابير الوجه لمكافأة الطفل بابتسامة إذا تطابق نطق الطفل مع نطق النظام، أو يحذر بوجه حزين إذا أخطأ (Danubianu et al, 2009).

في السنوات الأخيرة، أحدثت التطورات في تقنيات معالجة اللغة ثورة في مجال إمكانية الوصول وشمولية الاختبارات، فأظهرت الاختبارات القائمة على الكمبيوتر على مر السنين أهميتها من حيث إدارة الاختبارات إلكترونياً، مما يجعل عملية الاختبار أسهل، ويوفر نتائج أسرع وأكثر دقة، ويوفر مرونة وإمكانية وصول أكبر للمختبرين. (Nemieboka et al, 2024) وقد مهدت التطورات التكنولوجية الحديثة الطريق لإضفاء الطابع الموضوعي على التواصل باستخدام التحليلات الآلية المحسوبة الدلالية واللغوية والصوتية. (Cohen & Elvevåg, 2014)

استجابة لتزايد الطلب خلال فترة التسعينات على أدوات فعالة وسليمة من الناحية النفسية، ومحايدة ثقافياً ولغوياً، تهدف إلى التنبؤ بالأطفال المعرضين لخطر اضطرابات تعلم اللغة، افترض (Jacobs & Coufal, 2001) أن صلاحية أدوات التقييم التقليدية موضع تساؤل بالنسبة للفئات السكانية المتنوعة لغوياً وثقافياً، وأجرى دراسة تجريبية فحصت فعالية أداة رقمية على الكمبيوتر لتقييم اللغة لدى الأطفال متعددي الثقافات، وأشارت النتائج إلى أنه بسبب خصائص الرقمنة وقابلية تعلم اللغة، قد تكون هذه الأداة المبتكرة بديلاً فعالاً لإجراءات التقييمات المتاحة حالياً. وقام (Alpherts & Aldenkamp, 1990) بالتحقيق في فعالية مجموعة من الاختبارات بمساعدة الكمبيوتر في التقييم العصبي النفسي لدى 94177 طفلاً مصاباً بالصرع، تتراوح أعمارهم بين 8-18 سنة، مقارنة بـ 68161 طفلاً كمجموعة ضابطة من نفس الفئة العمرية، وأظهرت النتائج أنه يمكن للأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 8 و 18 سنة التعامل مع اختبارات معقدة إلى حد ما في مجموعة واسعة من الوظائف (قياسات زمن رد الفعل، وسرعة الحركة، ومعالجة المعلومات، والذاكرة)، وأشارت النتائج إلى أن سرعة الأداء تميل إلى الزيادة مع تقدم العمر في كلتا المجموعتين، حيث تظهر الاختلافات في معالجة المعلومات بشكل واضح ابتداءً من سن 12 سنة، وخلصت الدراسة إلى أنه لا يمكن تحقيق التحكم الدقيق في المحفز والاستجابة اللازمة لتحديد الاختلافات البسيطة بشكل أساسي بين مجموعات الصرع والتحكم إلا من خلال الاختبارات الرقمية، والتي يجب أن تخضع لمزيد من التحسين، بما في ذلك التعرف على الصوت واللغة، يلها الذكاء الاصطناعي، وقدّمت دراسة (Maier et al, 2009) نتائج مهمّة وواعدة، بعرضها لنظام جديد للتقييم الآلي لاضطرابات الكلام والصوت لدى المرضى الذين تمت إزالة حناجرهم بسبب السرطان، والأطفال المصابين بشفة مشقوقة وحناك مشقوق، حيث يمكن الوصول إلى النظام عبر منصة إنترنت بغض النظر عن نوع الجهاز، إذ يقرأ المريض نصاً أو يسي صوراً، ثم يتم تحليل كلامه من خلال التعرف الآلي على الكلام وتحليل النغمة، وقد كشفت النتائج أنه يمكن تحقيق ارتباطات مهمة بين التحليل الآلي وحكم الخبراء البشريين في تجربة out-one-leave (حيث يتم استبعاد عينة واحدة في كل مرة)، وتم الحصول على معامل ارتباط قدره 0.90 لتقييم المرضى الذين تمت إزالة حناجرهم و 0.87 لتقييم بيانات الأطفال. وهذا قابل للمقارنة مع معاملات الارتباط بين المقيمين البشريين. وتوصّل (Le et al, 2016) إلى أن التمارين المحسوبة (الرقمية) تمثل مكماً واعداً منخفض التكلفة، ويمكن الوصول إليه باستمرار للعلاج وجهاً لوجه، على افتراض أنه من الصعب الوصول إلى العلاج التقليدي وجهاً لوجه للأفراد المصابين بالفقدان اللغوي بسبب نقص أخصائي أمراض النطق واللغة وارتفاع تكلفة العلاج.

انطلاقاً من النتائج التي توصلت إليها الأدبيات العلمية على المستوى العالمي حول فوائد استخدام الاختبارات القائمة على التكنولوجيا الرقمية في ميدان علاج الكلام، وبالمقابل، ما لاحظناه في الجزائر من نقص واضح في اعتماد المختصين الأَرطفونيين على الاختبارات الرقمية من جهة، وما وقفنا عليه—حسب حدود بحثنا— من ندرة في الدراسات التي تناولت الموضوع، نقدّم هذه الورقة البحثية التي تتناول مراجعة منهجية للدراسات العالمية حول فعالية الاختبارات الإلكترونية في تحسين وتطوير خدمات التكفل الأَرطفوني انطلاقاً من الكشف والتشخيص وصولاً إلى العلاج، والتي نحاول من خلالها تحقيق الأهداف التالية:

- سد الفجوة البحثية المتمثلة في ندرة الدراسات حول موضوع علاقة الاختبارات الأَرطفونية بالتكنولوجيا.
- استعراض واقع استخدام الاختبارات الرقمية في ميدان الأَرطفونيا وعلاج الكلام عبر العالم.
- توعية المختصين الأَرطفونيين والباحثين بأهمية وفوائد رقمنة الاختبارات في عملية التكفل، وتحفيزهم لاستخدام التكنولوجيا في تصميم وتكييف وتطبيق الاختبارات.

وقد صغنا تساؤل الدراسة الرئيس كما يلي:

ما مدى فعالية اختبارات القياس والتقييم القائمة على التكنولوجيا الرقمية في تحسين وتطوير عملية التكفل الأَرطفوني؟

وتفرعت عنه التساؤلات الثلاثة التالية:

- 1- هل للاختبارات الرقمية فوائد في تحسين وتطوير التكفل الأَرطفوني؟
- 2- ما الذي توفره الاختبارات الرقمية للمختص الأَرطفوني و للمختبر؟
- 3- ما أفضلية الاختبارات الرقمية مقارنة بالاختبارات الورقية؟

وتمثلت فرضية الدراسة الرئيسة في ما يأتي:

لاختبارات القياس والتقييم القائمة على التكنولوجيا الرقمية فعالية كبيرة في تحسين وتطوير عملية التكفل الأَرطفوني.

وصيغت الفرضيات الفرعية على النحو التالي:

- 1- للاختبارات الرقمية دور في تحسين وتطوير التكفل الأَرطفوني.
- 2- توفر الاختبارات الرقمية الوقت والجهد والتكلفة المادية على المختص والمختبر.
- 3- تعطي الاختبارات الرقمية مقارنة بالاختبارات الورقية بيانات أوفر ونتائج أدق.

1.1- التحديد الإجرائي لمفاهيم الدراسة:

1.1.1- الاختبارات الأَرطفونية:

هي أدوات تستعمل لقياس وتقييم مختلف اضطرابات اللغة والكلام، تعتبر وسيطا بين المختص والمصاب حيث تسمح بالحصول على البيانات والمعلومات وتحليلها بهدف تحديد وفهم طبيعة ودرجة شدة الاضطراب، فهي تساعد في عملية التشخيص ورسم الخطة العلاجية (Orlikoff, 1992)، يشترط فيها أن تحقق الصدق والثبات،

2.1.1- الرقمنة:

تعرف بأنها الانتقال من استخدام الأدوات والتقنيات التقليدية الورقية إلى تبني التقنيات التكنولوجية لتوليد المعلومات ومعالجتها ومشاركتها والتعامل معها (Katz & Koutroumpis, 2013)، وفي هذه الدراسة تشير إلى استخدام الاختبارات الأَرطفونية القائمة على التقنية التكنولوجية في التقييم والقياس.

2. منهجية البحث وأدواته:

اعتمدت الدراسة بحثا منهجيا لانتقاء الدراسات المنشورة حديثا، التي تناولت الاختبارات الرقمية المستخدمة في القياس والتقييم في ميدان الأَرطفونية وعلاج الكلام (speech therapy)

1.2- استراتيجية البحث:

تم البحث عبر الانترنت في مواقع البحث العلمية التالية: Google Scholar و PubMed و Semantic Scholar باستخدام اللغة الإنجليزية عن طريق الكلمات المفتاحية النصية التالية: informatization of language disorders tests, computerization of speech tests, manual and automatic test in speech therapy

2.2- معايير الإدراج:

- انتقينا الدراسات المدرجة ضمن المراجعة وفق المعايير التالية:
- أن تتضمن الدراسات ثلاثة متغيرات، هي: المتغير الأول: التكنولوجيا أو تقنية تكنولوجية محددة، المتغير الثاني يكون أحد العناصر التالية: اللغة، الكلام، الصوت، النطق، اللفظ، التواصل، المتغير الثالث: التقييم، القياس، الكشف، التشخيص.
 - أن تكون الدراسة ذات دخول مفتوح، أو يمكن تحميلها عن طريق الرقم التعريفي (DOI) من مواقع تتيح التحميل بالنسبة لتلك المنشورة قبل سنة 2022.
 - أن تكون الدراسة منشورة في الفترة من 2014 إلى 2024، وتم اختيار هذه الفترة لتخصيص الدراسات الحديثة فقط.

3.2- نتائج البحث:

تم العثور على مجموع أربعة وسبعين (74) دراسة، انتقينا منها سبعة عشر (17) دراسة حققت المعايير المحددة للإدراج ضمن المراجعة.

4.2- استخراج البيانات:

تم تلخيص الدراسات المدرجة في المراجعة بناء على ما يلي: هدف الدراسة، العملية (النشاط) أو الاضطراب محل التقييم، الأداة أو التقنية المتضمنة في الدراسة، النتائج المتوصل إليها.

3- عرض النتائج:

1.3- نتائج الدراسات المتضمنة دور الاختبارات الرقمية في تحسين وتطوير التكفل الأَرطفوني:

جدول رقم 1: نتائج الدراسات المتضمنة دور الاختبارات الرقمية في تحسين وتطوير التكفل الأَرطفوني

الدراسة	هدف الدراسة	العملية أو الاضطراب محل التقييم	الأداة أو التقنية المستخدمة	النتائج المتوصل إليها
(Cohen & Elvevåg, 2014)	تقييم اللغة الطبيعية للبالغين المصابين بأمراض نفسية شديدة	اللغة لدى المصابين بأمراض نفسية شديدة	التقييمات القائمة على الكمبيوتر (various computer-based assessments)	- الطرق الآلية المحوسبة توفر أدوات لتقييم المرضى بشكل موضوعي بطريقة موثوقة وصحيحة وفعالة تكمل التقييمات البشرية. - التقييمات القائمة على الكمبيوتر للغة الطبيعية تتيح إطارا لقياس اضطرابات التواصل لدى البالغين المصابين بأمراض نفسية شديدة. - تشير الأدلة الناشئة إلى أنها يمكن أن تكون موثوقة وصحيحة، وتتغلب على العديد من القيود العملية لطرق التقييم التقليدية. - تقدم هذه التقنيات إمكانيات غير مسبوقة لقياس وفهم بعض أكثر الأعراض المعقدة لبعض أكثر الأمراض إضعافا للإنسانية.
(Fontan et al, 2015)	تقديم تقرير عن استخدام درجات النطق المستمدة تلقائيا للتنبؤ بتصنيفات الفهم، على مجموعة بيانات تطوير تجريبية تتكون من 120 لفظا مسجلا بواسطة 12 متحدثا يعانون من أمراض مختلفة	النطق والفهم لدى المصابين بأمراض مختلفة	تطبيق (Application) أساسي لخوارزمية GOP مع متغير يسمى GOP-forced	- قدم التطبيق نتائج أفضل حيث سمح نموذج الانحدار الخطي بالتنبؤ بدرجات الفهم بنسبة خطأ نسبي قدره 20.9٪، مقارنة بدرجات المرجع التي قدمها اثنان من المحكمين الخبراء. - تم الحصول على قيمة ارتباط قدرها 0.74 بين كل من الدرجات اليدوية والمتوقعة، تخص معظم أخطاء التنبؤ لدى المتحدثين الذين لديهم التصنيفات الأكثر تطرفا (أقل قيمة أو أكبر قيمة).

(Hlavnička et al, 2017)	تقديم طريقة آلية بالكامل، توفر ميزات مهمة تتعلق بالعجز التنفسي، وصعوبة الكلام، والإخفاء غير الدقيق، وعدم انتظام ضربات القلب، للتنبؤ بأنماط التنكس العصبي المبكرة والمميزة	صعوبة الكلام لدى مرضى باركنسون و اضطراب سلوك حركة العين السريعة أثناء النوم (RBD)	ميكروفون تسجيل الكلام + تقنية تحليل آلي للكلام	– يمكن التقاط عجز الكلام الباطني لمرض باركنسون بشكل موثوق حتى في مرضى RBD الذين يعانون من مخاطر عالية للإصابة بمرض باركنسون أو اعتلالات أخرى بالسينوكليين. – التحليل الصوتي الآلي قادر قريباً على المساهمة في إجراءات الكشف والتشخيص للتنكس العصبي البادئ لمرض باركنسون في البيانات الطبيعية.
(VanDam & Yoshinaga, 2019)	عرض الحجج حول إمكانية استخدام تحليل صوتي آلي لتحليل بيئة اللغة في عملية فحص الأطفال المعرضين لخطر اضطراب طيف التوحد والإعاقة السمعية	اللغة لدى الأطفال المعرضين للإصابة باضطراب طيف التوحد والإعاقة السمعية	تحليل صوتي آلي يسمى (LLAS) مصمم من مؤسسة أبحاث ليننا (LENA) بالولايات المتحدة الأمريكية	– الإجماع عبر العينات من المؤلفات العلمية يظهر دعماً لاستخدام الطرق الآلية للفحص والتفريق بين الأطفال المصابين باضطراب طيف التوحد والمعاقين سمعياً . – هناك بعض الأدلة على وجود اختلاف صوتي بين اضطراب طيف التوحد، والإعاقة السمعية، والأطفال النموذجيين، مما يبرر استخدام أداة LLAS . – يوفر البرنامج أداة إضافية للتفريق بين اضطراب طيف التوحد والإعاقة السمعية لدى الأطفال الصغار. – قد تكون النتائج مفيدة لكل من الأطباء الباحثين في تحسين تحديد وفهم اضطرابات التواصل.
(Low et al, 2019)	عرض الدراسات التي تستخدم الكلام للتقييمات الآلية عبر مجموعة واسعة من الاضطرابات النفسية.	الكلام لدى المصابين باضطرابات نفسية.	تقنية التعلم الآلي القائم على الكلام.	– تقنية التعلم الآلي القائم على الكلام أظهرت إمكانات لتحسين تشخيص وعلاج مجموعة من الاضطرابات النفسية ، بما في ذلك الاكتئاب والفصام. – يمكن أن تصبح تقنية التعلم الآلي التي تستخدم عينات الكلام التي يتم الحصول عليها في العيادة أو عن بعد يوماً ما بمثابة مؤشر حيوي لتحسين التشخيص والعلاج.
(Zahia et al, 2020)	تقديم طريقة جديدة للتعرف الآلي على الأطفال المصابين بعسر القراءة	القراءة والتنغيم لدى الأطفال المصابين بعسر القراءة	التعلم العميق (Deep + learning) التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي	– طريقة التعرف الآلي حققت معدل دقة تصنيف إجمالي قدره 73٪، وحساسية بنسبة 75٪، وخصوصية بنسبة 43٪، ودقة بنسبة 60٪، ومعدل F1 يبلغ 67٪ في اكتشاف عسر القراءة – النظام يميز بشكل فعال بين الأطفال المصابين باضطراب عسر القراءة باستخدام التعلم العميق والتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي ، حيث يحقق دقة تصنيف تبلغ 74٪ في مهام القراءة الصوتية والإملائية.
(Attwell et	استعراض فوائد	اضطرابات	تطبيقات تعتمد	– معظم الأنظمة المصممة بشكل أساسي لدعم أخصائيي

al, 2022)	أنظمة علاج النطق الرقمية في اضطرابات التواصل الكلامي عند الأطفال.	النطق والتواصل لدى الأطفال المصابين باضطراب الكلام.	على سطح المكتب بالكمبيوتر أو الهاتف المحمول	أمراض النطق واللغة تعتمد وتستخدم أساليب التعلم الآلي الإشرافي. - أنظمة علاج النطق يمكن أن توفر فوائد مهمة لتقييم و تصحيح مشاكل النطق لدى الأطفال. - يمكن أن يساهم التعاون بين مبرمجي الكمبيوتر وأخصائي أمراض النطق واللغة في تنفيذ برامج آلية مفيدة.
(Zhu, 2022)	اقترح تصميم تقنية لبناء شبكة شاملة للطبقة والإيقاع والتنغيم ومعدل الكلام ومؤشرات الانفعال.	الطبقة والإيقاع والتنغيم والنطق ومعدل الكلام ومؤشرات الانفعال	تقنية (corpus)، تستخدم خوارزمية Interactive Dicremiser الإصدار 3 (ID3)	- معدل التوافق الدقيق للتقييم اليدوي والآلي في هذه الورقة هو 93٪، ومعدل التوافق المجاور هو 96٪، وقيمة معامل ارتباط بيرسون لنتائج التقييم اليدوي والآلي هي 0.89. - أثبتت نتائج تحليل البيانات من خلال تحليل التباين أحادي الاتجاه أن طريقة التقييم فعالة.

2.3- دور الاختبارات الرقمية في توفير الوقت والجهد والتكلفة المادية.

جدول رقم 2: نتائج الدراسات المتضمنة دور الاختبارات الرقمية في توفير الوقت والجهد والتكلفة المادية.

الدراسة	هدف الدراسة	العملية أو الاضطراب محل التقييم	الأداة أو التقنية المستخدمة	النتائج المتوصل إليها
(Sadeghian et al, 2021)	تطوير تطبيق يتضمن اختبار تشخيصي للخرف، سهل الاستخدام وغير تدخلي وغير مكلف، يعتمد على الكلام، ويمكن تطبيقه بسهولة في عيادة الطبيب أو حتى في المنزل	الكلام واللغة لدى المعرضين للإصابة بالزهايمر	تطبيق (Applivation) للتعرف التلقائي على الكلام	- سهل التطبيق في العيادة وفي المنزل - يمكن تحقيق تمييز قوي بين الأفراد المصابين بتشخيص محتمل لمرض الزهايمر مقابل الضوابط الطبيعية المقابلة من خلال مجموعة من الخصائص الصوتية للكلام، والخصائص اللغوية المستخرجة من نص الكلام، ونتائج اختبار الحالة العقلية المصغرة. - التعرف التلقائي على الكلام باعتباره تقنية تستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات والأدوات، فإن المجال الصحي هو مجال أقل شيوعاً في استخدام التعرف التلقائي على الكلام، ولكنه قد يكون مهماً جداً، ويمكن أن يكون تأثيره على الحياة هائلاً لبعض الناس.
(Yamamoto et al, 2021)	مقارنة درجات فهم الكلام التي تم الحصول عليها من التجارب عن بعد	فهم الكلام	جمع البيانات عن بعد باستخدام تقنية crowdsourcin	- المتوسط والانحراف المعياري (SD) لعتبة استقبال الكلام في التجارب عن بعد أعلى من تلك التي أجريت في المختبر (العيادة).

– يمكن أن يوفر الاختبار عن بعد باستخدام تقنية crowdsourcing نتائج مفيدة لتطوير مقاييس موضوعية لفهم الكلام، مع وجود عتبات استقبال للكلام أعلى من التجارب بالعيادة.	g (الحصول الجماعي على الموارد من الانترنت)		باستخدام تقنية crowdsourcing مع درجات الاختبار في المختبر	
– تقديم تقدّم واعد في تقييم اللغة. – المنصة يمكن أن تعزز قدرتها على توفير قياسات موثوقة وفعالة في دقة التشخيص، وتحسين استراتيجيات العلاج للأفراد الذين يعانون من اضطرابات النطق واللغة والتواصل. – الأتمتة (الأوتوماتيكية) والموضوعية التي توفرها المنصة تخفف العبء عن المعالجين، مما يتيح لهم تحسين سير العمل وتخصيص المزيد من الوقت والموارد لرعاية المرضى مباشرة، كما تمكنهم من إجراء تحليلات نقدية لبياناتهم، وتسمح لهم بتخصيص المزيد من الاهتمام لجوانب أخرى مهمة من العلاج. – منصة الأبحاث الحاسوبية التي تعمل بالذكاء الاصطناعي (Open Brain AI) يمكنها تحسين دقة وفعالية تقييم اللغة، وتعزيز التشخيصات واستراتيجيات العلاج للأفراد الذين يعانون من اضطرابات النطق واللغة والتواصل.	الذكاء الاصطناعي ومنصات ويب	الكلام التلقائي المنطوق والمكتوب واللغة	تقديم منصة Open Brain AI (openbrainai.com) (وهي منصة حوسبية، تسخر تقنيات الذكاء الاصطناعي المبتكرة، بما في ذلك التعلم الآلي ومعالجة اللغة الطبيعية، لتحليل إنتاج الكلام المنطوق والمكتوب تلقائياً)	(Themistocleous, 2023)

3.3- نتائج الدراسات المتضمنة توفير الاختبارات الرقمية مقارنة بالاختبارات الورقية بيانات أوفر ونتائج أدق

جدول رقم 3: نتائج الدراسات المتضمنة توفير الاختبارات الرقمية بيانات أوفر ونتائج أدق مقارنة بالاختبارات الورقية.

الدراسة	هدف الدراسة	العملية أو الاضطراب محل التقييم	الأداة أو التقنية المستخدمة	النتائج المتوصل إليها
(Pakhomov et al, 2015)	اختبار إمكانية استخدام التعرف التلقائي على الكلام باستخدام الكمبيوتر، وتسجيل اختبارات الطلاقة اللفظية بمقارنة نتائج التسجيل القائم على التعرف التلقائي على	فهم الكلام والطلاقة اللفظية لدى الملاكمين المعرضين لصدمات متكررة بالرأس	الكمبيوتر وتقنية التعرف التلقائي على الكلام (ASR)	– تكيف المتكلم جنباً إلى جنب مع تسجيل الطلاقة اللفظية يحسن بشكل كبير جميع مقاييس (ASR). – يمكن أن يسمح باستخدام التعرف التلقائي على الكلام لتقديرات موثوقة لدرجات الطلاقة اللفظية أكبر من الدرجات اليدوية التقليدية.

المسجل يدويا	الكلام مع معيار المرجع			
(Le et al, 2016)	التحقق من فعالية نظام آلي لتقييم ثلاثة جوانب لقابلية فهم الكلام المتلثم، مقارنة بالحكم الإدراكي للمقيمين البشريين	وضوح الكلام والطلاقة والنغمة	تطبيق (application) على الجهاز اللوحي (اللوحة الإلكترونية)	إمكانية العلاج المحوسب للفقدان اللغوي، ووضع الأساس لسد الفجوة بين تقييم قابلية الفهم البشري والآلي
(VanWieringe et al, 2021)	التحقق في 3 مؤشرات (مهام) مختلفة لإدراك الكلام بتنفيذ المهمتين الأوليين على جهاز لوحي بإجرائهما عدة مرات من قبل كل فرد في بيئة منزله، بينما تنفذ مهمة الجملة يدويا في العيادة	إدراك الكلام لدى الحاملين للزرع القوقعي من خلال تحديد النغمات، والأرقام في الضوضاء (DiN) وفهم الجملة في الضوضاء	اللوحة الإلكترونية	– إدراك الكلام الذي يتم تقييمه في المنزل، يمكن أن يكون بديلا عن الذي يتم تقييمه في العيادة، حيث تتوافق درجات الأول مع درجات الثاني من خلال تحسن بمقدار 3-4 dB وهي مفيدة لمراقبة الأداء على فترات منتظمة، واكتشاف التغيرات في الأداء السمعي – تحديد النغمات في الهدوء (بالجهاز اللوحي) يفسر جزءا كبيرا من إدراك الكلام في الضوضاء، ويوفر معلومات إضافية حول قابلية اكتشاف وتمييز إشارات الكلام. – الفائدة الإضافية لمهمة تحديد النغمات، والتي ثبت أيضا أنها سهلة الإدارة في المنزل، هي تحليل نقل المعلومات، بالإضافة إلى الدرجة النهائية. – يعتبر اختبار الكلام في المنزل بواسطة الجهاز اللوحي موثوقا به، ويثبت فعاليته في استكمال الرعاية في العيادة لحاملي القوقعة المزروعة.
(Mohai et al, 2022)	تسليط الضوء على دور منهجيات المستشعرات البرمجية (الرقمية) في تقييم الخلل العصبي المعرفي الخاص بالاضطرابات النمانية العصبية (مثل اضطراب طيف التوحد، واضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة، واختيار خدمة المساعدة الرقمية التكنولوجية الأكثر ملاءمة.	الوظائف التنفيذية لدى المصابين بالاضطرابات النمانية العصبية	الحاسوب (خوارزميات وبنوك مهام معلمة)	– تعزيز القوة التشخيصية والحساسية للاختبار الأصلي، إذ من خلال قياس القدرة المعرفية المستهدفة وقيودها بشكل أكثر دقة، فإنه يؤدي إلى تشخيصات أكثر دقة. – في بعض اضطرابات النمو (مثل اضطراب طيف التوحد، واضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة) يمكن أن يكون اختبار برج لندن المكيف الحاسوبي مفيدا جدا في تحسين التشخيص، والتخطيط للتدخلات الصحيحة، واختيار خدمة المساعدة الرقمية التكنولوجية الأكثر ملاءمة.
(Parsapoor & Mihailidis,	اقتراح طريقة لتطوير أداة تقييم اللغة (LA)	اللغة لدى المصابين	الذكاء الاصطناعي	– أدوات تقييم اللغة المدعومة بالذكاء الاصطناعي يمكنها تقييم اضطرابات اللغة بدقة لدى كبار السن المصابين

2022)	تعمل بالذكاء الاصطناعي (AI) لتقييم اضطرابات اللغة المرتبطة بالخرف لدى كبار السن	بالخرف	(التعلم الآلي (ML	بالخرف، مما يحسن الحساسية والنوعية
(Usha & Alex, 2023)	استعراض أحدث طرق تقييم الكلام، بما في ذلك الأدوات والتقنيات والبروتوكولات لدى الأطفال المصابين باضطراب الكلام، وتلخص النتائج البارزة في اكتشاف اضطرابات الكلام باستخدام طرق التقييم الآلية	الكلام لدى المصابين باضطراب الكلام	الذكاء الاصطناعي + أساليب تقييم آلية متنوعة	– بسبب قيود طرق تقييم التشخيص القائمة على النسخ اليدوي، هناك طلب متزايد على الأساليب الآلية لقياس أنماط كلام الطفل، والمساعدة في التشخيص السريع والموثوق لاضطراب الكلام. – نماذج التقييم الآلي تعد أدوات واعدة للكشف عن اضطرابات الكلام، وهذه النماذج أكثر مرونة وقابلية للتفسير من التقنيات الأخرى المماثلة، حيث تعالج أساليب الذكاء الاصطناعي – مثل التعلم العميق – البيانات المعقدة جداً بدقة.

يظهر من خلال الجداول أن الدراسات المعروضة في كليتها تميزت بإحاطتها بمختلف العمليات التي يعنى الأخصائي الأرففوني بتقييمها وقياسها، فمنها ما تناولت تقييم الصوت ومنها النطق ومنها الكلام ومنها اللغة سواء المنطوقة أو المكتوبة، ومن حيث الإنتاج والفهم، وفي حال كانت طلاقة وتلقائية كما في حال اختبارات مقيدة بالتكرار والتسمية مثلاً، كما تناولت بعضها العمليات فوق المقطعية كالتبقة والتنغيم والإيقاع، وبعضها العمليات المعرفية كالإدراك والوظائف التنفيذية، ومن الدراسات ما تناولت أكثر من عملية، إضافة إلى أنها اشتملت على الاختبارات الموجهة لتقييم الاضطراب كما الموجهة إلى تقييم العمليات اللغوية الطبيعية، وقد مست بالتقييم الأفراد الطبيعيين إضافة إلى الأفراد ذوي الأمراض والاضطرابات كالزهايمر، وباركنسون، والاضطرابات النمائية العصبية، والإعاقة السمعية، واضطرابات اللغة والكلام...

ومما يلاحظ أن الدراسات استهدفت تناول فعالية العديد من أدوات وتقنيات التقييم الرقمية كالحاسوب والهاتف النقال واللوح الإلكتروني، وما تحمله من منصات ويب وبرامج وتطبيقات وذكاء اصطناعي وغيرها، كما أن منها ما استهدفت حتى التقنيات التي تدعم التقييم عن بعد.

وتتمثل دلالة اشتغال الدراسات على مختلف العمليات اللغوية المعنية بالتقييم ولدى مختلف الفئات، إضافة إلى إحاطتها بمختلف أدوات التقييم الرقمية وتقنياته في تعزيز إمكانية تعميم الحكم بفعالية الاختبارات الرقمية في عمومها في تقييم مختلف العمليات اللغوية لدى مختلف الفئات، سواء من حيث دورها في تحسين وتطوير التكفل الأرففوني كما توضحه نتائج الجدول الأول، أو من حيث توفيرها للجهد والوقت والتكلفة المادية كما يبين الجدول الثاني، أو من حيث أفضليتها على الاختبارات الورقية في دقة النتائج ووفرة البيانات كما يظهره الجدول الثالث.

4- مناقشة:

هدفت الدراسة إلى استعراض فعالية الاختبارات الرقمية الأرففونية في تحسين وتطوير التدخل الأرففوني مع مختلف الاضطرابات، وذلك من خلال مراجعة منهجية لسبعة عشر (17) دراسة منشورة خلال العشر سنوات الأخيرة، حيث تناولت بعض هذه الدراسات بناء وتصميم واقتراح أدوات وبرامج آلية لتقييم وقياس النطق والصوت والكلام واللغة فهما وإنتاجا، شفها ومكتوبا، وذلك لدى مختلف الفئات التي تعاني من مشاكل في اللغة والتواصل عموما، وتضمنت بعض الدراسات تكييف اختبارات ورقية آليا (حاسوبا)، بينما قارنت دراسات أخرى بين التقييم اليدوي والتقييم الآلي للنطق أو الكلام، وقدمت دراسات أخرى تقييم التقييم الآلي بهدف التحقق من فعاليته.

وبصفة إجمالية، كشفت نتائج التحليل أن للبرامج والأجهزة الرقمية فعالية كبيرة في عملية التقييم والقياس لكونها أكثر مرونة وقابلية للتفسير من التقنيات الأخرى المماثلة، وذلك لقدرتها على معالجة البيانات المعقدة جدا بدقة، وهي أكثر ثباتا وإمكانية لمعاودة القياس، ومن أهم مميزات الدقة في النتائج، إضافة إلى سهولة استخدامها، كما أنها تتيح إمكانية الوصول إليها كون بعض المواقع والبرامج والتطبيقات مجانية، تتيحها الانترنت بدون تكلفة مادية، كما تمكن المختص من الوصول إلى شريحة أكبر من المختبرين، وتخفف العبء على المختبرين لإتاحتها إمكانية التقييم عن بعد من المنزل دون الحاجة إلى التنقل إلى العيادة، زيادة على كونها تخلق بيئة تفاعلية جذابة خصوصا للطفل، ما يزيد من دافعيته وتحفزه للمشاركة في عملية التقييم، وبالتالي تزيد رغبته في متابعة العلاج، والخلاصة أن رقمنة الاختبارات تساهم في تطوير التدخل الأرففوني بدءا من الكشف إلى العلاج والتأهيل، كما توفر على المختص الكثير من الوقت والجهد، مما يتيح له التفرغ لعمليات ومهام أخرى.

فبفضل التقدم المستمر لتكنولوجيا معالجة الكلام، أصبحت أنظمة تعلم اللغة بمساعدة الحاسوب أكثر ذكاء، ليس فقط في تحديد أخطاء الكلام ولكن أيضا في تقييم مستوى كلامهم ولغتهم العامة. (Zhu, 2022)

لكن على الرغم من هذه الميزات الإيجابية الكثيرة لرقمنة الاختبارات إلا أنها تواجه بعض العوائق والصعوبات، منها امتلاك المعرفة التقنية اللازمة لاستخدام هذه البرامج، والتي تشكل تحديا للأخصائي الأرففوني، ومنها أن بعض هذه التقنيات والبرامج هي نماذج حسابية تقوم على إيجاد العلاقة بين مجموعات البيانات ونتائجها، فهي تعتمد على العديد من المتغيرات التي يجب ضبطها بدقة، كما أن تصميم هذه الاختبارات وتكييفها يتطلب تعاونا بين المتخصصين العياديين والباحثين الأرففونيين والمهندسين في الإعلام الآلي ومطوري البرامج بهدف تحسين صلاحيتها وثباتها. إذ يساهم التعاون بين مبرمجي الكمبيوتر وأخصائي أمراض النطق واللغة في تنفيذ برامج آلية مفيدة، مما يؤدي إلى حصول المزيد من الأطفال على تقييم وعلاج نطق جيد. (Attwell et al, 2022)، وتبقى هناك حاجة إلى أدلة تجريبية إضافية لفهم نقاط القوة والضعف في هذه الأدوات بشكل أفضل. (VanDam & Yoshinaga, 2019)

بالنسبة لواقع استخدام الاختبارات الرقمية في عمليات التقييم بالجزائر، فلم يقف الباحثان -في حدود ما توصلوا إليه- على دراسات في الموضوع، لكن من خلال الممارسة الميدانية واحتكاكنا بمختلف الممارسين في القطاعين العام والخاص،

فإن الوسط العيادي في الجزائر يفتقر إلى استخدام الأدوات والتقنيات التكنولوجية في مختلف عمليات التدخل من كشف وتقييم وتشخيص وعلاج.

5. خاتمة:

أمام الميزات الإيجابية الكثيرة التي تجعل من الاختبارات الرقمية أدوات واعدة ومؤشرا حيويا في تحسين وتطوير وتسريع عملية التكفل من الكشف إلى العلاج، لما تتميز به من دقة وموضوعية، وما توفره من جهد، وريح وقت، وقلّة تكلفة من جهة، وكون الجزائر لازالت في بداياتها في استغلال التكنولوجيا الرقمية من جهة ثانية، نقدم هذه التوصيات بهدف الاستفادة منها في تطوير التدخل والتكفل الأَرطفوني بالجزائر:

- ضرورة تحسيس وتوعية الطلبة والباحثين في الأَرطفونيا بفعالية وفوائد استخدام التكنولوجيا الرقمية في عملية التقييم والتشخيص من خلال تنظيم أيام دراسية وملتقيات علمية مخصصة للموضوع.
- الحرص على تدريب وتكوين المختصين الأَرطفونيين على إتقان استخدام التكنولوجيا الرقمية عموما، والأدوات والاختبارات الرقمية في عملهم العيادي.
- حرص الجهات المعنية على تزويد المختصين الأَرطفونيين في القطاع العام بالتكنولوجيا الرقمية، لتسهيل عملية التقييم والمساهمة في إنجاح عملية التكفل عموما.
- حرص الجهات المعنية على توجيه الممارسين الأَرطفونيين الخواص لاستخدام الأدوات الرقمية بعياداتهم.
- إدخال التكنولوجيا الرقمية كوحدة دراسية لطلبة التخصص أثناء التكوين الأكاديمي تحضيرا لهم لإتقان استخدام هذه التقنيات في عملهم مستقبلا.
- تكوين فرق بحث مشتركة تضم الباحثين في الأَرطفونيا والمختصين في البرمجيات والإعلام الآلي لتكييف وتصميم اختبارات رقمية.

4. المراجع:

1- Alpherts, W., & Aldenkamp, A. (1990). Computerized Neuropsychological Assessment of Cognitive Functioning in Children with Epilepsy. *Epilepsia*, 31.

<https://doi.org/10.1111/j.1528-1157.1990.tb05868.x>.

2- Attwell, G. A., Bennin, K. E., & Tekinerdogan, B. (2022). A Systematic Review of Online Speech Therapy Systems for Intervention in Childhood Speech Communication Disorders. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(24), 9713. <https://doi.org/10.3390/s22249713>

- 3- Cohen, A., & Elvevåg, B. (2014). Automated computerized analysis of speech in psychiatric disorders. *Current Opinion in Psychiatry*, 27, 203–209.
<https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000056>.
- 4- Danubianu, M., Tobolcea, I., & Pentiuc, S. (2009). Advanced Technology in Speech Disorder Therapy of Romanian Language. *JOURNAL OF COMPUTING*, V 1(1).61-66. <https://arxiv.org/pdf/0912.3969>
- 5- Fontan, L., Pellegrini, T., Olcoz, J., & Abad, A. (2015). Predicting disordered speech comprehensibility from Goodness of Pronunciation scores. , 42-46. <https://doi.org/10.18653/v1/W15-5108>.
- 6- Jacobs, E., & Coufal, K. (2001). A Computerized Screening Instrument of Language Learnability. *Communication Disorders Quarterly*, 22, 67 - 75.
<https://doi.org/10.1177/152574010102200202>.
- 7- Hlavnička, J., Cmejla, R., Tykalová, T., Šonka, K., Růžička, E., & Ruz, J. (2017). Automated analysis of connected speech reveals early biomarkers of Parkinson's disease in patients with rapid eye movement sleep behaviour disorder. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00047-5>.
- 8- Katz, R., & Koutroumpis, P. (2013). Measuring digitization: A growth and welfare multiplier. *Technovation*, 33, 314-319. <https://doi.org/10.1016/j.TECHNOVATION.2013.06.004>.
- 9- Le, D., Licata, K., Persad, C., & Provost, E. (2016). Automatic Assessment of Speech Intelligibility for Individuals With Aphasia. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 24, 2187-2199. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2016.2598428>.
- 10- Low, D., Bentley, K., & Ghosh, S. (2019). Automated assessment of psychiatric disorders using speech: A systematic review. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 5, 96 - 116.
<https://doi.org/10.1002/lio2.354>.
- 11- Maier, A., Haderlein, T., Eysholdt, U., Rosanowski, F., Batliner, A., Schuster, M., & Nöth, E. (2009). PEAKS - A system for the automatic evaluation of voice and speech disorders. *Speech Commun.*, 51, 425-437. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2009.01.004>.

- 12- Marin-Curtoud, S., Rousseau, T., & Gatignol, P. (2010). Etat des lieux sur «filetest». *L'orthophoniste*, 296, 19-26. [PDF] unadreo.org
- 13- Mohai, K., Kálózi-Szabó, C., Jakab, Z., Fecht, S. D., Domonkos, M., & Botzheim, J. (2022). Development of an Adaptive Computer-Aided Soft Sensor Diagnosis System for Assessment of Executive Functions. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(15), 5880. <https://doi.org/10.3390/s22155880>
- 14- Nemieboka, T. F., Onyenwe, I. E., & Asogwa, D. C. (2024). Development of an NLP-driven computer-based test guide for visually impaired students. *arXiv preprint arXiv:2401.12375*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.12375>
- 15- Orlikoff, R. (1992). The Use of Instrumental Measures in the Assessment and Treatment of Motor Speech Disorders. *Seminars in Speech and Language*, 13, 25 - 38. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1064184>.
- 16- Parsapoor, M., Alam, M., & Mihailidis, A. (2022). AI-powered Language Assessment Tools for Dementia. *ArXiv*, abs/2209.12652. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.12652>.
- 17- Pakhomov, S., Marino, S., Banks, S., & Bernick, C. (2015). Using automatic speech recognition to assess spoken responses to cognitive tests of semantic verbal fluency. *Speech communication*, 75, 14-26 .
<https://doi.org/10.1016/j.SPECOM.2015.09.010>.
- 18- Sadeghian, R., Schaffer, J., & Zahorian, S. (2021). Towards an Automatic Speech-Based Diagnostic Test for Alzheimer's Disease. , 3. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.624594>.
- 19- Themistocleous, C. (2023). Computational Language Assessment: Open Brain AI. *ArXiv*, abs/2306.06693. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.06693>.
- 20- VanDam, M., & Yoshinaga-Itano, C. (2019). Use of the LENA Autism Screen with Children who are Deaf or Hard of Hearing. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(8), 495.
<https://doi.org/10.3390/medicina55080495>

- 21- vanWieringen, A., Magits, S., Francart, T., & Wouters, J. (2021). Home-Based Speech Perception Monitoring for Clinical Use With Cochlear Implant Users. *Frontiers in neuroscience*, 15, 773427. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.773427>.
- 22- Usha, G. P., & Alex, J. S. R. (2023). Speech assessment tool methods for speech impaired children: a systematic literature review on the state-of-the-art in Speech impairment analysis. *Multimedia tools and applications*, 1–38. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14913-0>
- 23- Yamamoto, A., Irino, T., Arai, K., Araki, S., Ogawa, A., Kinoshita, K., & Nakatani, T. (2021). Comparison of remote experiments using crowdsourcing and laboratory experiments on speech intelligibility. *ArXiv*, abs/2104.10001. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2021-174>.
- 24- Zahia, S., Garcia-Zapirain, B., Saralegui, I., & Fernández-Ruanova, B. (2020). Dyslexia detection using 3D convolutional neural networks and functional magnetic resonance imaging. *Computer methods and programs in biomedicine*, 197, 105726. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105726>.
- 25- Zhu S. (2022). Application of Ontology Matching Algorithm Based on Linguistic Features in English Pronunciation Quality Evaluation. *Occupational therapy international*, 2022, 2734672. <https://doi.org/10.1155/2022/2734672>.