تأثير برنامج علاجي مدمج (تأهيل دهليزي وتمارين الجنف المحددة) على النتائج الهيكلية والوظيفية وجودة الحياة لدى المراهقين المصابين بالجنف مجهول السبب: دراسة استكشافية بأثر رجعي

الملخص:

يُعدُّ الجنف مجهول السبب عند المراهقين تشوّهاً شائعاً للعمود الفقري، وتربط الأدبيات الحديثة بين الخلل في الجهاز الدهليزي وضعف التوازن لديهم. على الرغم من فعالية التمارين العلاجية المحددة للجنفPSSE ، إلا أنها لا تستهدف هذا البعد الحسي العصبي. **هدفت** هذه الدراسة الاستكشافية بأثر رجعي إلى تحليل نتائج برنامج علاجي مدمج (تأهيل دهليزيPSSE +)، ومقارنة الاستجابة بين مجموعتين بناءً على شدة صعوبات التوازن.

تمت مراجعة سجلات 160 مريضاً، واستوفى 40 مريضاً معايير التضمين (مجموعة أعراض خفيفة=30، ومتوسطة=10). تلقى الجميع برنامجاً مدمجاً لمدة 6 أشهر. قيست زاوية كوب، اختبارا رومبرغ وفوكودا، ومقياس.SRS-22

تتفق هذه النتائج مع النموذج الحسي الحركي للجنف، حيث قد يعمل العلاج المدمج على معالجة الخلل في المدخلات الحسية الدهليزية. ومع ذلك، فإن طبيعة الدراسة بأثر رجعي وصغر حجم عينة إحدى المجموعات تحد من التعميم. نخلص إلى أن البروتوكول المدمج واعد، ونوصي بتجارب عشوائية محكمة مستقبلية.

الكلمات المفتاحية: جنف المراهقين مجهول السبب، التمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف، التأهيل الدهليزي، التحكم الوضعي، التكامل الحسي الحركي.

Impact of a Combined Therapeutic Program (Vestibular Rehabilitation and PSSE Exercises) on Structural, Functional, and Quality-of-Life Outcomes in Adolescents with Idiopathic Scoliosis: A Retrospective Exploratory Study

Abstract:

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a common spinal deformity. Recent literature links vestibular dysfunction to balance impairment in AIS. While PSSE exercises are effective conservatively, they do not directly target this sensorimotor dimension. This retrospective exploratory study aimed to analyze outcomes of a combined program (vestibular rehabilitation + PSSE) and compare responses between two groups stratified by severity of balance difficulties.

Records of 160 patients were reviewed; 40 met inclusion criteria (Mild symptoms=30, Moderate=10). All received a 6-month combined program. Outcomes measured: Cobb angle, Romberg and Fukuda tests, and SRS-22.

Results showed significant improvement in all outcomes for both groups ($p \leq 0.005$). Between-group comparison revealed the Mild group improved more on Romberg test ($p=0.001$), while the Moderate group improved more on Fukuda test ($p=0.017$).

These findings support the sensorimotor model of scoliosis. However, the retrospective design and small sample size in one group limit

generalizability. We conclude the combined protocol is promising and recommend future randomized controlled trials.

Keywords: Adolescent Idiopathic Scoliosis, Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises, Vestibular Rehabilitation, Postural Control, Sensorimotor Integration.

مسرد المصطلحات والاختصارات (عربي – إنجليزي)

المصطلح الإنجليزي	المصطلح العربي
Intermuscular Coherence	الاتساق بين العضلات
Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB)	اختبار التكامل الحسي الحركي المعدَّل
Romberg Test	اختبار رومبرغ
Shapiro–Wilk Test	اختبار شابيرو–ويلك
Fukuda Test	اختبار فوكودا
Fisher's Exact Test	اختبار فيشر الدقيق
Levene's Test	اختبار ليفين
Mann–Whitney U Test	اختبار مان–ويتني
Wilcoxon Signed–Rank Test	اختبار ويلكوكسون
Distorted Postural Perception	الإدراك المشوه للوضعية
Emerging Evidence	الأدلة الناشئة
Vestibular–Evoked Balance Responses	استجابات التوازن المثارة دهليزياً
Differential Response	الاستجابة التفاضلية
Treatment Response	الاستجابة للعلاج

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الاستدلال السببي	Causal Inference
الاضطرابات العصبية	Neurological Disorders
الإطار النظري	Theoretical Framework
أعراض خفيفة	Mild Symptoms
أعراض متوسطة	Moderate Symptoms
الآلية المرضية	Pathological Mechanism
الانحراف الجانبي	Lateral Deviation
البرنامج الإحصائي (SPSS)	SPSS (Statistical Package for Social Sciences)
البرنامج العلاجي المدمج	Combined Therapeutic Program
البرنامج المنزلي	Home Program
البروتوكول العلاجي	Treatment Protocol
التأهيل الدهليزي	Vestibular Rehabilitation
التأهيل الدهليزي المخصص	Customized Vestibular Rehabilitation
تجربة سريرية عشوائية محكمة	Randomized Controlled Trial (RCT)
التحكم الوضعي	Postural Control
التحيز	Bias
تخطيط توازن الجسم (البوستروغرافيا)	Posturography
تخطيط كهربية الدماغ	Electroencephalography (EEG)
تدريبات التوازن	Balance Training
تشوه العمود الفقري	Spinal Deformity
التصحيح الذاتي للوضعية	Auto-correction

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
تطور الانحناء	Curve Progression
التعوّد / إزالة التحسس	Habituation
التعويض العصبي	Neural Compensation
التعويض المركزي	Central Compensation
التغيرات الشكلية الدهليزية	Vestibular Morphological Alterations
التقييم السريري	Clinical Assessment
التقييم الوظيفي	Functional Assessment
التقييم متعدد الأبعاد	Multi-dimensional Assessment
التكامل الحسي	Sensory Integration
التكامل الحسي الحركي	Sensorimotor Integration
تمارين التثبيت	Stabilization Exercises
التمارين العلاجية المحددة للجنف	Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises (PSSE)
التنفس الدوراني	Rotational Breathing
التهاب العصب القحفي الثامن (السمعي)	Acoustic Neuritis
التوازن الديناميكي	Dynamic Balance
التوازن الديناميكي المعقد	Complex Dynamic Balance
التوازن الساكن	Static Balance
التوصيل القشري النخاعي	Corticospinal Connectivity
ثبات النظر	Gaze Stabilization
الجبائر / الدعامات	Bracing / Orthoses
الجلسة العلاجية الفردية	Individualized Therapy Session

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الجنف الخلقي	Congenital Scoliosis
الجنف العصبي العضلي	Neuromuscular Scoliosis
جنف المراهقين مجهول السبب	Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)
الجنف مجهول السبب	Idiopathic Scoliosis
الجهاز الدهليزي	Vestibular System
الجهد العضلي المثار دهليزياً	Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP)
جودة الحياة	Quality of Life
الحبل الشوكي المشدود	Tethered Cord
حجم الأثر	Effect Size
حلقة التغذية الراجعة	Feedback Loop
خط الأساس / الخط الأساسي	Baseline
الخلل الوظيفي الدهليزي	Vestibular Dysfunction
دراسة استكشافية بأثر رجعي	Retrospective Exploratory Study
الدلالة الإحصائية	Statistical Significance
الرأسي البصري الذاتي	Subjective Visual Vertical (SVV)
زاوية كوب	Cobb Angle
سلسلة حالات بأثر رجعي	Retrospective Case Series
السنسنة المشقوقة (انشقاق العمود الفقري)	Spina Bifida
الشدة السريرية	Clinical Severity
الصور الشعاعية الأمامية الخلفية القياسية	Standard Posteroanterior Radiographs

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الطبيب الأخصائي في الأنف والأذن والحنجرة	Otolaryngologist (ENT Specialist)
عجز التكامل الحسي	Sensory Integration Deficits
العضلات القطنية المجاورة للفقار	Lumbar Paraspinal Muscles
العلاج المحافظ	Conservative Treatment
العمود الفقري	Vertebral Column / Spine
الفرضية الحسية الحركية	Sensorimotor Hypothesis
الفيزيولوجيا العصبية	Neurophysiology
الفيزيولوجيا المرضية	Pathophysiology
القناة الهلالية الجانبية	Lateral Semi-circular Canal
القوة الإحصائية	Statistical Power
المدى الربيعي	Interquartile Range (IQR)
المراقبة القياسية	Standard Monitoring
المسببات المتعددة العوامل	Multifactorial Etiology
مستوى فيتامين د	Vitamin D Level
معايير الإدراج	Inclusion Criteria
معايير الاستبعاد	Exclusion Criteria
مقياس جودة الحياة (SRS-22)	SRS-22 Questionnaire
الملاحظة السريرية	Clinical Observation
النتائج البنيوية / الهيكلية	Structural Outcomes
النتائج المبلغ عنها ذاتياً من المريض	Patient-Reported Outcomes
النتائج الوظيفية	Functional Outcomes
نمط الانحناء	Curve Pattern

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
نمط التعافي	Recovery Pattern
النموذج الحسي الحركي	Sensorimotor Model
الوسيط	Median
الوظيفة الدهليزية الشوكية	Vestibulo-spinal Function

1. المقدمة:

يُعدُّ الجنف مجهول السبب عند المراهقين تشوّهاً شائعاً للعمود الفقري، يُصيب ما يقارب 3.1% من هذه الفئة العمرية، مع انتشار أعلى بين الإناث، وخاصة في أنماط الانحناء الأكثر شدةً[1]. يتميز المرض بطبيعته متعددة العوامل، ولا تزال آليته الإمراضية الكاملة غير مُحللة تماماً. تشمل الخيارات العلاجية التحفظية القياسية المراقبة، واستخدام الدعامات، والتمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف[2].

ضمن النظريات المطروحة لتفسير المرض، حظيت النماذج الحسية حركية (Sensorimotor Models) باهتمام مستمر، حيث تربط بين وجود خلل في وظيفة أو بنية الجهاز الدهليزي (جهاز التوازن) ووجود الجنف[3]، [4]، [5]، [6]، [7]. يمكن أن يتجلى هذا الخلل سريرياً بصعوبات في التوازن تظهر خصوصاً أثناء أداء المهام الحركية المعقدة، والتي يمكن تقييمها باختبارات سريرية مثل رومبرغ (Romberg) وفوكودا (Fukuda)[8].

تُعد منهجية (PSSE- Schroth، وفقاً لنيكوس كارافيداس) إحدى المنهجيات الثمانية الرئيسية المعتمدة ضمن إطار التمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف و التي ترتكز على المبادئ الأساسية المشتركة التي تشمل التصحيح الذاتي ثلاثي الأبعاد و التنفس الدوراني و دمج التصحيح في أنشطة الحياة اليومية، ورغم انها اثبتت فعاليتها كعلاج محافظ لمرضى الجنف في تحسين زاوية الانحناء والوظيفة ضمن بروتوكولات علاجية منظمة[9]، [10]، إلا أنها لا تستهدف بشكل مباشر الخلل الحسي العصبي (مثل الضعف الدهليزي) الذي قد يعانيه جزء من المرضى، والموثق في الأدلة السابقة.

لذلك، هدفت هذه الدراسة الاستكشافية بأثر رجعي إلى تقييم أثر برنامج علاجي مدمج يجمع بين التأهيل الدهليزي والتمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف بطريقة (PSSE- Schroth، وفقاً

لنيكوس كارافيداس)، على كِلا البعد الهيكلي (زاوية كوب) والبعد الوظيفي العصبي (التحكم الوضعي والتوازن)، بالإضافة إلى جودة الحياة المبلغ عنها من قبل المريض. كما سعت الدراسة إلى استكشاف الفروق في نمط الاستجابة للعلاج بين مجموعتين من المرضى تم تشكيلهما بناءً على الشدة السريرية الملحوظة للخلل الوظيفي (خفيفة مقابل متوسطة).

2. الأدوات والطرائق:

2.1. تصميم الدراسة

أُجريت هذه الدراسة كـ دراسة استكشافية بأثر رجعي (retrospective case series)، حيث تم مراجعة وتحليل السجلات الطبية للمرضى الذين تلقوا العلاج خلال الفترة بين عامي 2023 و 2025.

2.2. المشاركون (العينة)

تمت مراجعة السجلات الطبية لـ 160 مريضاً مراهقاً تم تشخيص إصابتهم بالجنف مجهول السبب من قبل أطباء مختصين في العمود الفقري خلال الفترة المحددة. من خلال تطبيق المعايير أدناه، تألفت العينة النهائية من 40 مريضاً تم إدراجهم في التحليل.

2.2.1. معايير الشمول

- تشخيص جنف مجهول السبب من قبل طبيب مختص.
- فئة عمرية: المراهقون.
- تلقوا برنامج العلاج المدمج (تأهيل دهليزي + تمارين PSSE–Schroth) بناءً على المسار السريري التالي:
  - توثيق صعوبات محددة أثناء أداء التمارين: حيث واجه المرضى صعوبات في تأدية التمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف، وخاصةً التمارين التي تتطلب الوقوف أو الميلان الجانبي والحفاظ على التوازن. موثقٌ أن المرضى لم يظهروا خللاً واضحاً في التوازن أثناء الأنشطة اليومية الاعتيادية. تراوحت شدة هذه الأعراض بين الخفيفة والمتوسطة.

- نتيجة إيجابية في اختباري رومبرغ وفوكودا تدعم وجود خلل وظيفي.
- تحويل إلى طبيب أنف وأذن وحنجرة لتقييم خلل التوازن.
- تأكيد تشخيص خلل دهليزي من قبل طبيب الأنف والأذن والحنجرة مع التوصية بتمارين تأهيل الدهليزي.

- زاوية كوب أولية بين 15° و 40°.
- عدم وجود تاريخ لجراحة سابقة في العمود الفقري.
- توفر بيانات كاملة عند خط الأساس وبعد 6 أشهر من المتابعة.
- وجود موافقة شفهية مسجلة لاستخدام بياناتهم لأغراض البحث العلمي.

2.2.2. معايير الاستبعاد

- الجنف الخلقي (Congenital) أو العصبي العضلي (Neuromuscular)
- وجود اضطرابات عصبية مشخصة (مثل انشطار النخاع، الحبل المشدود، التهاب العصب القحفي الثامن، إلخ).

من بين السجلات التي تمت مراجعتها، استوفى 40 مريضاً المعايير وتم إدراجهم في التحليل النهائي.

2.2.3. توزيع المجموعات

تم تقسيم المرضى الـ 40 إلى مجموعتين بناءً على شدة الأعراض السريرية المتعلقة بخلل التوازن التي تم توثيقها:

- المجموعة الأولى (أعراض خفيفة): عددهم = 30.
- المجموعة الثانية (أعراض متوسطة): عددهم = 10.

2.3. الإجراءات والبروتوكول العلاجي:

تلقت كلا المجموعتين برنامجاً علاجياً مدمجاً لمدة ستة أشهر، يتكون من:

- تمارين تأهيل الدهليزي (Vestibular Rehabilitation) وتركز على:
  - ثباتية النظر (Gaze Stabilization).
  - التعود (Habituation).
  - تدريبات التوازن (Balance Training).

- التمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف بطريقة (PSSE- Schroth، وفقاً لنيكوس كارافيداس) وتتضمن:
  - التصحيح الذاتي للوضعية (Auto-correction).
  - التنفس الدوراني (Rotational Breathing).
  - تمارين الثباتية الملائمة لنمط الانحناء الخاص بكل مريض (Stabilization Exercises)
- الجدول الزمني: تألف البرنامج من جلسات تخصصية مكثفة مرتين أسبوعياً (مدة الجلسة 60 دقيقة)، بالإضافة إلى برنامج تمارين منزلية يومي.

2.4. مقاييس النتائج وجمع البيانات:

تم استخراج البيانات التالية من السجلات الطبية عند خط الأساس (Baseline) و بعد 6 أشهر من المتابعة:

- زاوية كوب (°): قيست من الصور الشعاعية الخلفية الأمامية القياسية (Standard Posteroanterior Radiographs) بواسطة أخصائي ذي خبرة.
- اختبار رومبرغ (ثانية): كمقياس للتوازن الساكن. حيث يقف المريض بأقدام مجتمعة وعينين مغلقتين، ويُسجل الوقت حتى فقدان التوازن (بحد أقصى 120 ثانية).
- اختبار فوكودا (°): كمقياس لوظيفة الدهليزي-الشوكي. حيث يسير المريض في المكان لـ 50 خطوة بعينين مغلقتين، وتُسجل زاوية الدوران الكلية عن نقطة البداية.
- مقياس جودة الحياة SRS-22: تم استخدامه لتقييم الجودة الحياتية المتعلقة بالجنف.
- المتغيرات الديموغرافية والسريرية: العمر، الجنس، الطول، الوزن، مستوى فيتامين د.

2.5. التحليل الإحصائي:

تم إجراء جميع التحليلات الإحصائية باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS (الإصدار 27). عُرضت المتغيرات الكمية باستخدام الوسيط والمدى الربيعي (مستخرجة من قيم توكي Tukey's Hinges)، والمتغيرات الفئوية باستخدام التكرارات والنسب المئوية.

تم فحص افتراضات التحليل الإحصائي كما يلي:

- التوزيع الطبيعي: باستخدام اختبار شابيرو–ويلك (Shapiro–Wilk test) (اعتبرت البيانات طبيعية إذا كانت $p > 0.05$).
- تجانس التباين: باستخدام اختبار ليفين (Levene's test) (اعتبر التباين متجانساً إذا كانت $p > 0.05$).

على الرغم من أن بعض المتغيرات أظهرت توزيعاً طبيعياً وتجانساً في التباين، إلا أن التفاوت الكبير في حجم العينات بين المجموعتين (30 مقابل 10) دفع لاعتماد الاختبارات اللامعلمية لضمان قوة التحليل. لذلك:

- للمقارنات داخل كل مجموعة: استخدم اختبار ويلكوكسون للعينات المرتبطة (Wilcoxon signed–rank test).
- للمقارنات بين المجموعتين: استخدم اختبار مان–ويتني يو (Mann–Whitney U test).
- للمقارنة في المتغيرات الفئوية: استخدم اختبار فيشر الدقيق (Fisher's exact test).
- اعتبرت الفروق ذات دلالة إحصائية إذا كانت $p < 0.05$.

2.6. الاعتبارات الأخلاقية:

تمت مراجعة السجلات والبيانات بما يتوافق مع السياسات المؤسسية، مع الحفاظ على السرية التامة من خلال تشفير هويات جميع المرضى وعدم ذكر أي معلومات تعريفية شخصية، وذلك وفقاً للموافقة الشفهية المسجلة.

3. النتائج:

3.1. خصائص المشاركين

يتضمن **الجدول 1** الخصائص الديموغرافية والسريرية الأولية للمشاركين في المجموعتين. أظهر التحليل الإحصائي (اختبار مان–ويتني يو) عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعة الأولى (عددهم=30) والمجموعة الثانية (عددهم=10) في العمر، الجنس، الطول، الوزن، مستوى فيتامين د، أو نتيجة اختبار فوكودا الأولي (جميع قيم $p > 0.05$). في المقابل، لوحظ وجود فرق ذي دلالة إحصائية عالية بين المجموعتين في زاوية كوب الاولية ($p < 0.001$)، وفي نتيجة اختبار رومبرغ الأولي ($p = 0.008$)، وفي الدرجة الأولية لمقياس جودة الحياة SRS–22 ($p < 0.001$).

الجدول 1: الخصائص الديموغرافية والسريرية الأولية للمشاركين

الخاصية	المجموعة 1 (عددهم 30)	المجموعة 2 (عددهم 10)	قيمة p
العمر (سنة) / الوسيط [المدى الربيعي]	13 [11–14]	12.5 [11.75–15]	0.656
الجنس (عدد الإناث، %)	24 (80%)	7 (70%)	0.665
الطول (سم) / الوسيط [المدى الربيعي]	158 [153–166]	162 [151–170]	0.724
الوزن (كغ) / الوسيط [المدى الربيعي]	46 [40–53]	53 [43–59]	0.209
زاوية كوب الأولية (°)/ الوسيط [المدى الربيعي]	20.55 [17.50–22.00]	35.80 [31.20–36.70]	0.001>
اختبار رومبرغ الأولي (ثانية)	48.40 [44.80–55.40]	42.80 [39.30–46.00]	0.008
اختبار فوكودا الأولي (°)/ الوسيط [المدى الربيعي]	46.35 [39.70–49.80]	54.65 [36.00–60.70]	0.095
مقياس SRS–22 الأولي/ الوسيط [المدى الربيعي]	3.75 [3.40–3.90]	3.20 [2.90–3.30]	0.001>

مستوى فيتامين د (نانوغرام/مل) / الوسيط [المدى الربيعي]	29.20 [23.10−] [33.80	26.80 [23.90−] [30.40	0.656

3.2. التحسن داخل المجموعات

أظهرت نتائج تحليل التغيرات داخل كل مجموعة (اختبار ويلكوكسون) تحسناً ذا دلالة إحصائية في جميع مقاييس النتائج بعد ستة أشهر من العلاج المدمج لدى كلا المجموعتين (المجموعة 1: $p < 0.001$؛ المجموعة 2: $p = 0.005$) كما هو مفصل في **الجدول 2**.

الجدول 2: التغيرات في مقاييس النتائج داخل كل مجموعة بعد 6 أشهر

مقياس النتيجة	المجموعة 1 (عددهم 30) الوسيط [المدى الربيعي]	قيمة p	المجموعة 2 (عددهم 10) الوسيط [المدى الربيعي]	قيمة p
زاوية كوب (°)		0.001>		0.005
القيمة الأولية	20.55 [22.00−17.50]		35.80 [31.20−] [36.70	
القيمة النهائية (بعد 6 أشهر)	14.05 [16.30−12.10]		28.10 [21.80−] [30.90	
مقدار التحسن	6.20 [4.10 −] [7.40		8.00 [5.80 −] [9.90	

اختبار رومبرغ (ثانية)				
القيمة الأولية	48.40 [55.40–44.80]	0.001>	42.80 [46.00 –39.30]	0.005
القيمة النهائية (بعد 6 أشهر)	85.20 [95.70–76.50]		68.55 [72.50 –60.80]	
مقدار التحسن	35.65 [42.60–32.60]		26.20 [27.80 –24.10]	
اختبار فوكودا (°)				
القيمة الأولية	46.35 [49.80–39.70]	0.001>	54.65 [60.70 –36.00]	0.005
القيمة النهائية (بعد 6 أشهر)	33.55 [39.20–26.50]		35.50 [46.70 –18.10]	
مقدار التحسن	11.20 [13.80 – 9.00]		16.20 [19.30 –12.50]	
مقياس SRS–22		0.001>		0.005

القيمة الأولية	3.75 [3.40− 3.90]		3.20 [2.90− 3.30]	
القيمة النهائية (بعد 6 أشهر)	4.40 [4.20− 4.60]		3.85 [3.30− 3.90]	
مقدار التحسن	0.70 [0.50 − 0.90]		0.60 [0.40 − 0.60]	

3.3. المقارنة بين المجموعات في مقدار التحسن

أظهر تحليل مقارنة مقادير التحسن (اختبار مان–ويتني يو) وجود اختلافات بين المجموعتين **(الجدول 3)**. حيث كان التحسن في اختبار رومبرغ أكبر بشكل ذي دلالة إحصائية في المجموعة الأولى ($p = 0.001$)، بينما كان التحسن في اختبار فوكودا أكبر بشكل ذي دلالة إحصائية في المجموعة الثانية ($p = 0.017$). من ناحية أخرى، لم يصل الفرق في تحسن زاوية كوب بين المجموعتين إلى مستوى الدلالة الإحصائية ($p = 0.067$). كما لم يظهر التحليل فرقاً ذا دلالة إحصائية بين المجموعتين في مقدار التحسن في درجة جودة الحياة (مقياس SRS−22) ($p = 0.131$).

الجدول 3: مقارنة مقدار التحسن (Δ) بين المجموعتين بعد 6 أشهر

مقدار التحسن	المجموعة 1 الوسيط [المدى الربيعي]	المجموعة 2 الوسيط [المدى الربيعي]	قيمة p
Δ زاوية كوب (°)	6.20 [4.10 − 7.40]	8.00 [5.80 − 9.90]	0.067
Δ اختبار رومبرغ (ثانية)	35.65 [32.60 − 42.60]	26.20 [24.10 − 27.80]	0.001

Δ اختبار فوكودا (°)	− 9.00] 11.20 [13.80	− 12.50] 16.20 [19.30	0.017
Δ مقياس SRS-22	− 0.50] 0.70 [0.90	[0.60 − 0.40] 0.60	0.131

4. المناقشة:

هدفت هذه الدراسة الاستكشافية بأثر رجعي إلى تحليل نتائج برنامج علاجي مدمج (جمع بين تأهيل دهليزي مخصص وتمارين PSSE) لدى مراهقين مصابين بالجنف مجهول السبب، مع مقارنة الاستجابة بين مجموعتين تم تشكيلهما بناءً على شدة الصعوبات السريرية الموثقة في التوازن أثناء التمارين.

4.1. فلسفة التدخل وتفسير النتائج

أظهرت مراجعة السجلات أن القرار السريري بدمج تأهيل الدهليزي استند إلى ملاحظة سريرية متكررة، حيث واجهت مجموعة من المرضى صعوبات في أداء التمارين العلاجية المحددة للجنف (PSSE)، وخاصة التمارين التي تتطلب وضعيات معقدة مثل الوقوف أو الميلان الجانبي والحفاظ على التوازن. من المهم الإشارة إلى أن هذه الصعوبات كانت محدودة بسياق الجلسات العلاجية، ولم تكن مصحوبة بخلل واضح في التوازن أثناء الأنشطة اليومية الاعتيادية.

عند الرجوع إلى نتائج الاختبارات السريرية الروتينية (رومبرغ وفوكودا) المسجلة، أظهرت هذه الاختبارات نتائج إيجابية تدعم وجود خلل وظيفي. بناءً على ذلك، تم إحالة المرضى إلى أخصائي الأنف والأذن والحنجرة، حيث تم تشخيص خلل دهليزي مع التوصية بتمارين تأهيل دهليزي. وبما أن تمارين PSSE تُعد العلاج المعياري للجنف، فقد تم دمج برنامج التأهيل الدهليزي الموصى به مع برنامج PSSE القائم.

تتوافق هذه الملاحظة السريرية مع الأدبيات الحديثة التي توثق انتشار الخلل الوظيفي والتشريحي في الجهاز الدهليزي لدى المصابين بالجنف مجهول السبب[3]، [4]، [11] [3]، [6]. تُفسر الأدبيات الحديثة هذا الارتباط ضمن أطر نظرية، مثل النموذج الحسي الحركي (Sensorimotor

Model) للجنف [5]، [12]. يقترح هذا النموذج أن الخلل في المدخلات الحسية (مثل تلك القادمة من الجهاز الدهليزي) قد يؤدي إلى إدراك مشوّه للوضعية [4] وإلى استجابات حركية غير مثلى في عضلات الجذع [13]، هذا الخلل الوظيفي قد يشكل، نظرياً، حلقة تغذية راجعة تساهم في نشأة الانحناء أو تفاقمه أثناء النمو[7]، [14].

وبالتالي، يمكن اعتبار البروتوكول المطبق محاولة لمعالجة هذا البعد الحسي العصبي، بهدف إنشاء أساس حسي أكثر استقراراً لدعم فعالية التصحيح الهيكلي عبر تمارين PSSE.

وقد دعمت النتائج هذا المنطق، حيث أدى التدخل إلى تحسن ذي دلالة إحصائية في جميع النتائج المقاسة لدى كلا المجموعتين، شاملاً البعد الهيكلي (زاوية كوب) والبعد الوظيفي العصبي (اختباري رومبرغ وفوكودا) والبعد الذاتي (مقياس SRS−22). يعزز هذا التحسن الشامل الفرضية القائلة بأن معالجة الخلل الحسي المصاحب قد تحسن من كفاءة المعالجة الحركية المركزية، مما يعظم بدوره فعالية التمارين العلاجية المحددة الخاصة بالجنف[5]، [15].

كما أظهرت النتائج تبايناً في استجابات التوازن بين المجموعتين: تحسنت المجموعة ذات الأعراض الخفيفة أكثر في التوازن الثابت (رومبرغ، $p=0.001$)، بينما تفوقت المجموعة ذات الأعراض المتوسطة في تحسن التوازن الديناميكي المعقد (فوكودا، $p=0.017$). قد يعكس هذا الاختلاف تفاعلاً بين شدة الأعراض ومرونة التعويض العصبي. من ناحية أخرى، كان تحسن جودة الحياة (مقياس SRS−22) متشابهاً إحصائياً بين المجموعتين ($p=0.131$)، مما يشير إلى أن الفائدة الذاتية للبرنامج المدمج قد تكون مستقلة عن شدة الأعراض الدهليزية الأولية، وترتبط بشكل أقوى بتحقيق تحسن هيكلي ونفسي حركي ذي معنى للمريض.

4.2. مقارنة مع الأدلة الحالية

تتوافق هذه النتائج مع الأدبيات التي تؤكد فعالية التمارين العلاجية المحددة الخاصة بطريقة (PSSE− Schroth، وفقاً لنيكوس كارافيداس) في تدبير الجنف [9]. كما تدعم بقوة العلاقة الموثقة بين الخلل الدهليزي والجنف مجهول السبب [3]، [4]، [6]، [8]، [11] والمفسرة ضمن النماذج الإمراضية العصبية[5]، [7]، [12]. تكمُن أصالة هذه الدراسة في كونها تترجم هذه الأدلة والمفاهيم النظرية إلى بروتوكول علاجي تطبيقي متكامل، وتقيم نتائجه بأثر رجعي. التحسن الكبير

في مقاييس التوازن المسجل هنا يفوق ما يُبلغ عنه عادةً لبرامج PSSE وحدها، مما يوفر دليلاً سريرياً أولياً على القيمة المضافة المحتملة لدمج التأهيل الدهليزي.

5. محددات الدراسة

يجب تفسير هذه الاستنتاجات في ضوء طبيعة الدراسة بأثر رجعي ومحدداتها:

1. **تصميم الدراسة:** يحد غياب المجموعة الضابطة والطبيعة بأثر رجعي من إثبات السببية ويعيق عزل التأثير النوعي للمكون الدهليزي.
2. **خصائص العينة:** يقلل صغر حجم عينة المجموعة ذات الأعراض المتوسطة (عددهم=10) والتفاوت الكبير في حجم المجموعتين من القوة الإحصائية ويجعل المقارنات الفرعية استكشافية.
3. **أدوات القياس:** يحد الاعتماد على مقاييس سريرية (رومبرغ، فوكودا) دون مقاييس عصبية فسيولوجية موضوعية (مثل VEMP[11] أو قياس SVV[4]، [11]) من ربط التحسن السريري بتحسن موضوعي ومباشر في وظيفة الجهاز الدهليزي.

ونتيجة لذلك ، لا يمكن تعميم النتائج على جميع مرضى الجنف، ويجب النظر إليها على أنها إشارات أولية واعدة تحتاج إلى تأكيد عبر تصميمات بحثية أكثر صرامة.

6. الاستنتاج والتوصيات

تقدم هذه الدراسة الاستكشافية بأثر رجعي دليلاً أولياً على أن البروتوكول العلاجي المدمج (تأهيل دهليزي + تمارين PSSE) قد يحقق تحسناً في الأبعاد الهيكلية (زاوية كوب) والوظيفية العصبية (التوازن) والذاتية (جودة الحياة) لدى المراهقين المصابين بالجنف مجهول السبب، والذين يعانون من صعوبات توازن مرتبطة بأداء التمارين العلاجية. كما تشير النتائج إلى أن نمط التحسن الوظيفي (في اختباري رومبرغ وفوكودا) قد يختلف تبعاً لشدة الأعراض السريرية الأولية.

في ضوء الطبيعة الاستكشافية للدراسة ومحدداتها (كغياب مجموعة ضابطة وصغر حجم إحدى المجموعات)، تُعد هذه النتائج بمثابة إشارة أولية واعدة تحتاج إلى تأكيد عبر تصميمات بحثية أكثر قوة. لذلك، تتوجه التوصيات المستقبلية نحو المسارات الثلاثة التالية:

1. تعزيز مستوى الأدلة عبر تجربة محكمة: تبرز الحاجة إلى إجراء تجربة سريرية عشوائية محكمة مستقبلية، بمجموعة ضابطة تتلقى العلاج القياسي (PSSE فقط) وعينة أكبر

ومتوازنة. سيمكن هذا التصميم من قياس القيمة المضافة المطلقة وحجم التأثير الحقيقي لإضافة التأهيل الدهليزي.

2. التعمق في الآليات عبر القياس الموضوعي المتقدم: يقترح البحث المستقبلِي الانتقال من الاعتماد على المقاييس السريرية وحدها (كاختباري رومبرغ وفوكودا) إلى دمج مجموعة متكاملة من المقاييس العصبية الفسيولوجية الكمية، والتي توفر فهماً أدق للآلية الأساسية وتقلل من التحيز المرتبط بالملاحظة الذاتية. تشمل هذه الأدوات:

- تقييم وظيفة الجهاز الدهليزي: مثل قياس جهود العضلات المستثارة دهليزياً (Vestibular Evoked Myogenic Potentials – VEMP) للكشف عن سلامة المسارات الدهليزية [11] ، واختبار الخط الرأسي الذاتي (Subjective Visual Vertical – SVV) لتقييم التكامل الحسي البصري [4]، [11].
- تقييم النشاط والتواصل العصبي المركزي: باستخدام تقنيات مثل تخطيط كهربية الدماغ (Electroencephalography – EEG) مع تحليل التماسك البيني للمساعدة في فهم التغيرات في النشاط والتوصيل القشري [12]، [13].
- التحليل الحركي الكمي الدقيق: من خلال التقييم الموضوعي لاستقرارية الوقوف (Posturography) باستخدام بروتوكولات قياسية مثل اختبار التكامل الحسي المركزي المعدل (mCTSIB) [11]، [17].

3. التوجه نحو بروتوكولات علاجية شخصية: يمكن الاستفادة من النتائج المستقبلية لهذه المقاييس المتقدمة، إلى جانب التقييم السريري الشامل، لتطوير خوارزميات أو معايير موضوعية تساعد في التنبؤ باستجابة المريض وتصنيفه. هذا من شأنه تمهيد الطريق لبروتوكولات علاجية مُفردة (شخصية) أكثر فاعلية، تحدد المرضى الذين يُرجح أن يحققوا استفادة قصوى من العلاج المدمج مقارنة بالعلاج القياسي وحده [5]، [7]، [12].

بالإضافة إلى ذلك، يبرز النهج المتبع في هذه الدراسة – الذي يبدأ بملاحظة سريرية مباشرة وينتهي بتدخل مدمج قائم على التشخيص المتخصص – كمسار عملي وواعد، خاصة في الأوساط السريرية أو المناطق ذات الموارد المحدودة. فهو لا يعتمد بالكامل على المعدات العصبية المتقدمة

والباهظة للتشخيص الأولي، بل يستند إلى اليقظة السريرية والتقييم الوظيفي المباشر، مما يجعله قابلاً للتطبيق على نطاق أوسع مع الحفاظ على المنطق العلمي المدعوم بأدلة ناشئة.

في الختام، تُشكل هذه الدراسة أساساً أولياً مهماً لتطوير بروتوكول علاجي مدمج يستهدف البعد الحسي العصبي للجنف مجهول السبب، مما قد يفتح آفاقاً جديدة لتحسين المخرجات السريرية الشاملة للمرضى.

المراجع:

[1] M. Li, Q. Nie, J. Liu, and Z. Jiang, “Prevalence of scoliosis in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis,” 2024, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fped.2024.1399049.

[2] D. Addai, J. Zarkos, and A. J. Bowey, “Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis,” Jun. 01, 2020, *Springer*. doi: 10.1007/s00381-020-04608-4.

[3] P. M. Carry *et al.*, “Lateral semi-circular canal asymmetry in females with idiopathic scoliosis,” *PLoS One*, vol. 15, no. 4, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0232417.

[4] K. Kučerová *et al.*, “Subjective visual vertical and head position in patients with idiopathic scoliosis,” *J. Vestib. Res.*, vol. 33, no. 3, 2023, doi: 10.3233/VES-230005.

[5] D. C. Gómez Cristancho, G. Jovel Trujillo, I. F. Manrique, J. C. Pérez Rodríguez, R. C. Díaz Orduz, and M. E. Berbeo Calderón, “Neurological mechanisms involved in idiopathic scoliosis. Systematic review of the literature,” *Neurocirugía (English Edition)*, vol. 34, no. 1, 2023, doi: 10.1016/j.neucie.2022.02.009.

[6] I. Cortés-Pérez, L. Salamanca-Montilla, F. Gámiz-Bermúdez, E. Obrero-Gaitán, A. J. Ibáñez-Vera, and R. Lomas-Vega, “Vestibular Morphological Alterations in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review of Observational Studies,” 2023. doi: 10.3390/children10010035.

[7] M. J. Scheyerer *et al.*, “Impact of the Vestibular System on the Formation and Progression to Idiopathic Scoliosis: A Review of Literature,” *Asian Spine J.*, vol. 15, no. 5, pp. 701–707, 2021, doi: 10.31616/asj.2020.0308.

[8] V. Liliana, H. Tony, C. Sergiu, and D. Elena, “Visual and Vestibular Impairment and Idiopathic Scoliosis – are They Related?,” *ARS Medica Tomitana*, vol. 27, no. 3, 2021, doi: 10.2478/arsm-2021-0023.

[9] N. Karavidas *et al.*, “Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises (PSSE-Schroth) can reduce the risk for progression during early growth in curves below 25°: prospective control study,” *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 60, no. 2, pp. 331–339, Apr. 2024, doi: 10.23736/S1973-9087.24.08177-2.

[10] V. Seleviciene, A. Cesnaviciute, B. Strukcinskiene, L. Marcinowicz, N. Strazdiene, and A. Genowska, “Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Used for Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Their Effectiveness: An Extended Literature Review of Current Research and Practice,” Aug. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph19159240.

[11] K. Kučerová, Z. Balatková, K. Slabý, M. Rampová, and O. Čakrt, “Vestibular Functions of Adolescents With Idiopathic Scoliosis: A Comprehensive Assessment and Comparative Study,” *J. Manipulative Physiol. Ther.*, 2025, doi: 10.1016/j.jmpt.2025.09.012.

[12] M. Paramento *et al.*, “Neurophysiological, balance and motion evidence in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review,” 2024. doi: 10.1371/journal.pone.0303086.

[13] M. Simoneau, J. P. Pialasse, P. Mercier, and J. S. Blouin, “Adolescents with idiopathic scoliosis show decreased intermuscular coherence in lumbar paraspinal muscles: A new pathophysiological perspective,” *Clinical Neurophysiology*, vol. 138, 2022, doi: 10.1016/j.clinph.2022.03.008.

[14] A. A. M. Sumalde *et al.*, “Rare Coding Variants in Patients with Non-Syndromic Vestibular Dysfunction,” *Genes (Basel).*, vol. 14, no. 4, 2023, doi: 10.3390/genes14040831.

[15] D. Wang *et al.*, “Sensory integration and spinal structure in AIS: is there a functional–structural association?,” *J. Orthop. Surg. Res.*, vol. 20, no. 1, 2025, doi: 10.1186/s13018-025-06172-6.

[16] J. P. Cyr, R. Crepin, P. Mercier, J. S. Blouin, and M. Simoneau, “Enhanced vestibular-evoked balance responses in adolescents with idiopathic scoliosis,” *J. Neurophysiol.*, vol. 134, no. 3, 2025, doi: 10.1152/jn.00238.2025.

[17] D. Wang *et al.*, “Sensory integration dysfunction in adolescent idiopathic scoliosis: Insights from a clinical balance assessment using the m-CTSIB,” *Journal of Clinical Neuroscience*, vol. 136, 2025, doi: 10.1016/j.jocn.2025.111267.