

音楽を用いたリハビリテーションによる 慢性期麻痺側上肢（加速度）の随意性向上

Music-based intervention drives paretic limb acceleration into intentional movement frequencies in chronic stroke rehabilitation.

Loria, T., de Grosbois, J., Haire, C., Vuong, V., Schaffert, N., Tremblay, L., & Thaut, M. H. (2022). *Frontiers in rehabilitation sciences*, 3, 989810. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.989810>

音楽を用いたリハビリテーションによる
慢性期麻痺側上肢（加速度）の随意性向上

音楽 (Sonification Arm Training Apparatus) を用いた
慢性期麻痺側上肢に対するリハビリテーションの効果を
加速度計(加速度解析)と上肢機能検査を用いて評価した



使用した上肢機能検査

- Fugle-Meyer Motor Assessment for Upper Extremity
- Wolf Motor Function Test

Sonification Arm Training Apparatus (SONATA)

麻痺側上肢(腕)の運動リハビリテーション機器

腕の動き・軌道をセンサーで捉え、リアルタイムで「音や音楽」へ変換
(ソニフィケーション / 音響化)

エラー・ソニフィケーション: 目標とする正しい軌道から腕が外れた際

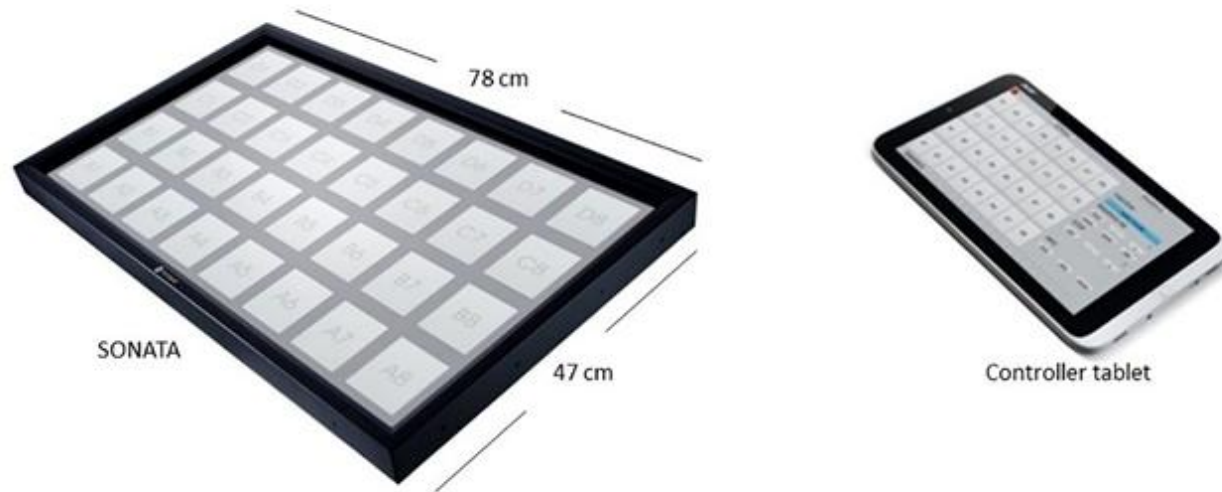


Fig 1. Device's touchscreen, graphic user interface, and controller tablet.

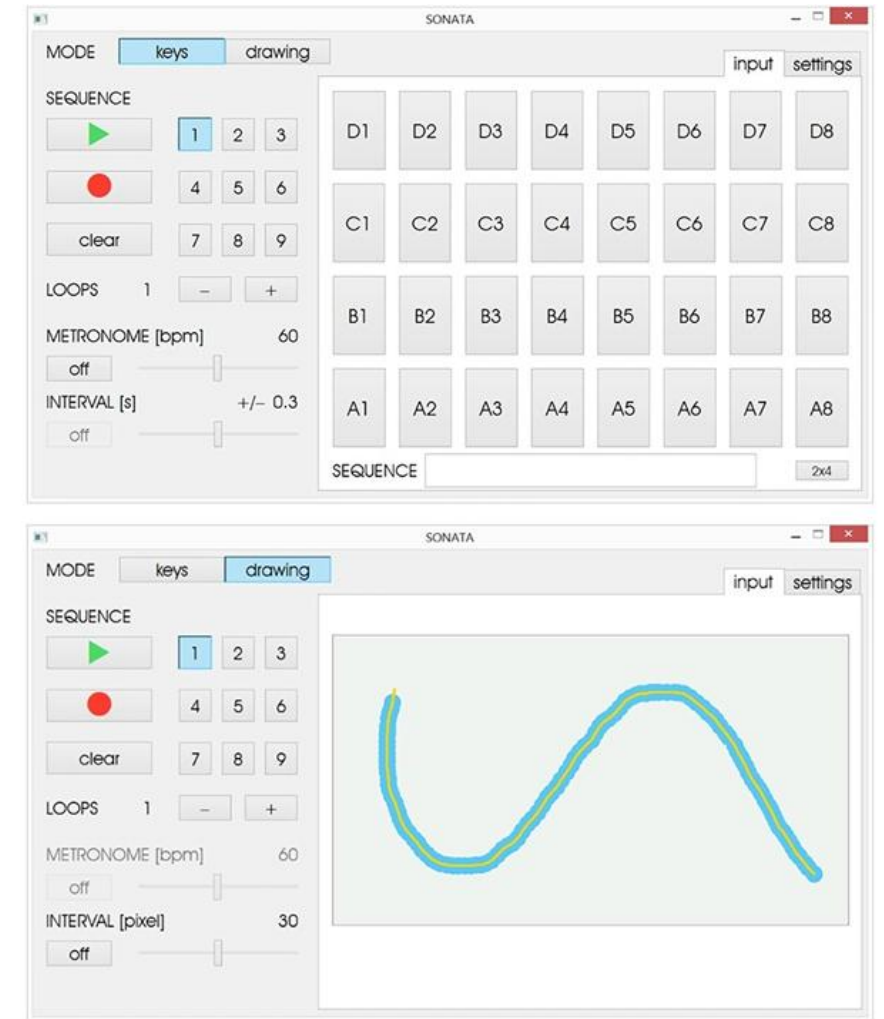


Fig 2. User interface input function for the keys mode (upper panel) and drawing mode (lower panel).

Sonification Arm Training Apparatus (SONATA)

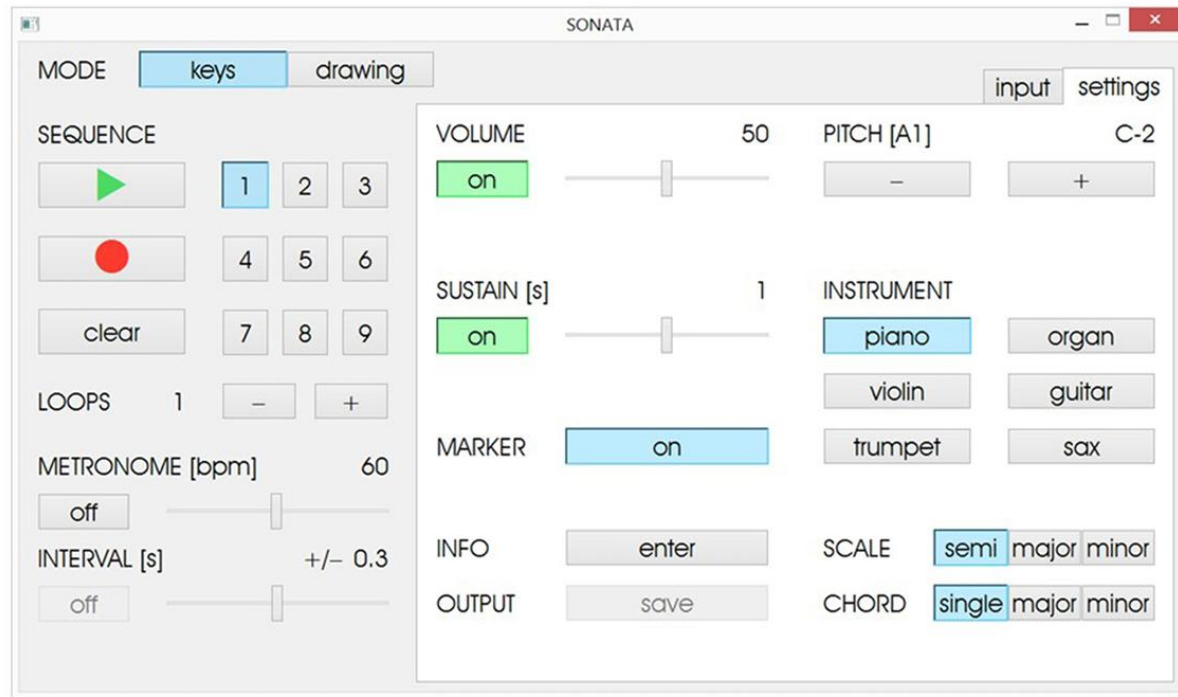


Fig 3. Settings function for the keys mode.



Fig 4. Device in use during the evaluation procedures. The individual in this manuscript has given written informed consent (as outlined in PLOS consent form) to publish this photograph.

加速度解析

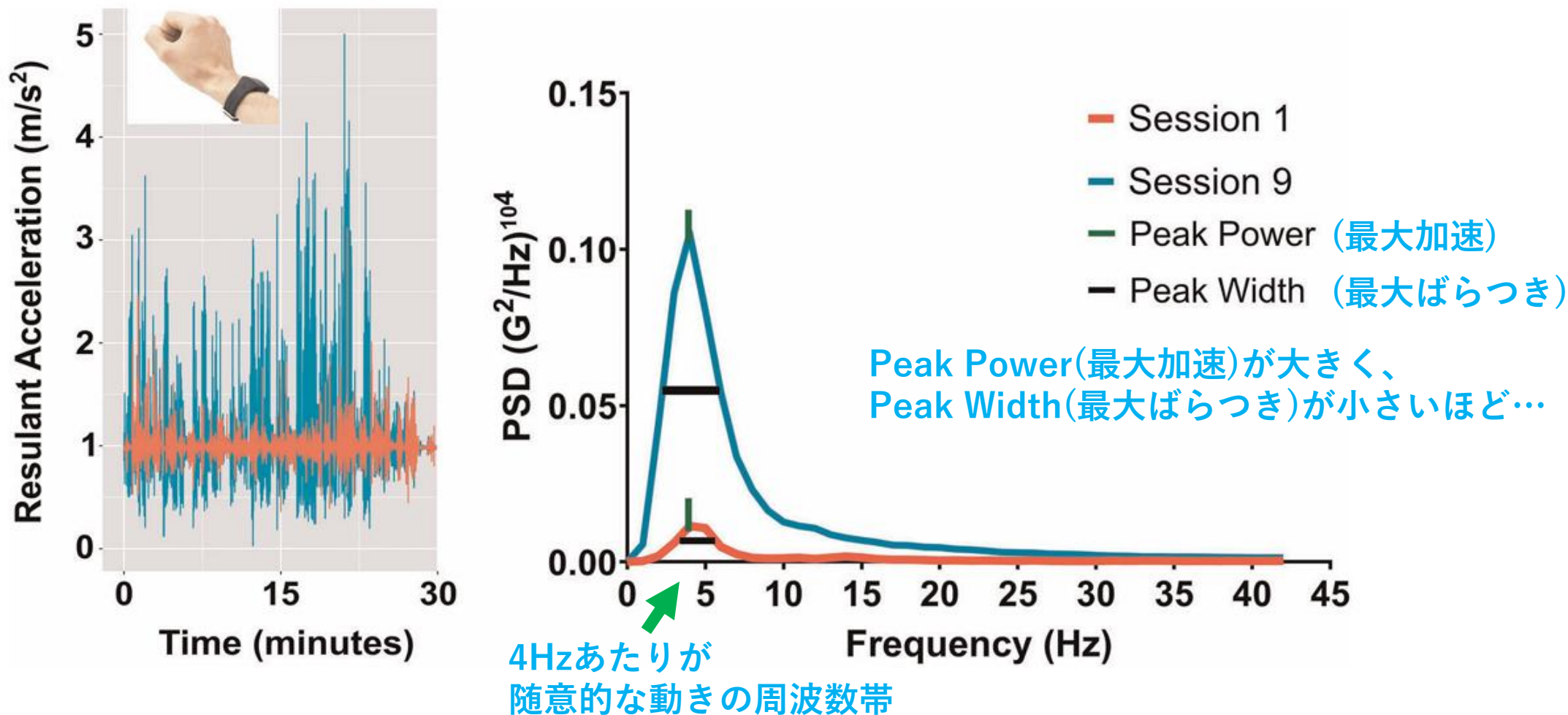


FIGURE 1

Summary of the acceleration analysis. On the left side are the raw acceleration profiles for Session 1 (magenta) and 9 (teal) along the resultant movement axis. On the right side is the resulting power spectral density function showing peak power and peak width for the same participant.

Fugle-Meyer Motor Assessment for Upper Extremity (FM-UE)

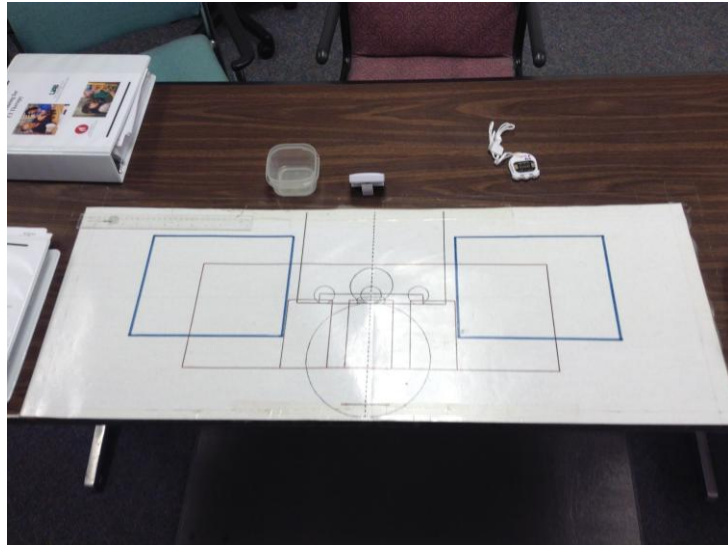
上肢運動麻痺の評価

肩、肘、前腕、手関節、手指の
共同運動、分離運動、協調性

0点(不可)、1点(部分的に可)、2点(可)
66点満点

Fugle-Meyer Assessment(FMA)上肢					
氏名		評価者			麻痺側 (R/L)
A 肩/肘/前腕	動作・課題	0: 不能	1: 不十分	2: 十分	スコア
I 反射 II a 屈曲共同運動(座位: 麻痺側の耳まで手を挙上)	二頭筋・指屈筋	0	1	2	
	三頭筋	0	1	2	
	肩 後退	0	1	2	
	肩 挙上	0	1	2	
	肩 外転	0	1	2	
	肩 外旋	0	1	2	
	肘 屈曲	0	1	2	
	前腕 回外	0	1	2	
II b 伸展共同運動(座位: 非麻痺側の膝に触れる)	肩 内転/内旋	0	1	2	
	肘 伸展	0	1	2	
	前腕回内回外	0	1	2	
III 座位で手を腰椎に回す		0	1: ASISを越す	2	
	肘伸展位、前腕中間位での肩屈曲90°	0	1: 後半で肘屈曲	2	
	肩 0°、肘屈曲90°での回内外	0	1	2	
IV 座位で肘伸展位、前腕回内位での肩外転90°		0	1: 途中で肘屈曲、前腕回外	2	
	肘伸展位での肩屈曲180°	0	1: 後半で肘屈曲	2	
	肘伸展位、肩30°~90°屈曲位での回内外	0	1	2	
V 正常反射: I の腰反射を検査	二頭筋・指屈筋	0	1: 亢進≥1個、軽度亢進≥2個	2	
	三頭筋	0	1	2	
B 手関節 (肩と肘の肢位は必要なら介助する)	肩 0°、肘屈曲90°での手関節15°背屈位保持	0	1: 抵抗がなければ可能	2: 軽い抵抗に抗して可能	
	肩 0°、肘屈曲90°での手関節掌屈/背屈	0	1	2: 全可動域で可能	
	肩軽度屈曲/外転位、肘伸展位、前腕回内位で手関節15°背屈位保持	0	1: 抵抗がなければ可能	2: 軽い抵抗に抗して可能	
	肩軽度屈曲/外転位、肘伸展位、前腕回内位で手関節掌屈/背屈	0	1	2: 全可動域で可能	
	肩 0°、肘屈曲90°での手関節回旋	0	1	2: スムーズで可能行き十分	
C 手 (必要なら肘を90°に保つように介助する)	集団屈曲	0	1	2	
	集団伸展	0	1	2	
	握りa: 第2~5指MP伸展、PIPとDIPの屈曲	0	1: 弱い	2: 強い抵抗に抗して可能	
	握りb: 母指伸展位で示指MPと紙を挟む	0	1: 弱い力で引き抜かれる	2: 引き抜かれない	
	握りc: 第1~2指の指腹で鉛筆をつまむ	0	1: 弱い力で引き抜かれる	3: 引き抜かれない	
	握りd: 筒握り	0	1: 弱い力で引き抜かれる	4: 引き抜かれない	
	握りe: 母指対立位でテニスボールを握る	0	1: 弱い力で引き抜かれる	5: 引き抜かれない	
D 協調性/スピード: 目隠しで麻痺側示指を鼻につける動作を5回、できるだけ早く繰り返す	振戦	0: 顕著	1: 軽度	2: 無	
	測定異常	0: 顕著	1: 軽度	2: 無	
	非麻痺側との時間差	0: > 6秒	1: 2~5秒	2: < 2秒	
小計: 上肢(UE)					

Wolf Motor Function Test (WMFT)



麻痺側上肢の動きを物品を使用して評価

運動項目(6個)：腕を前に伸ばす、机の上の手を持ち上げるなどの関節運動

物品操作項目(9個)：鉛筆を持ち上げる、コップを取るなどの日常動作

動作の質：0～5点で評価 75点満点

0点(試みない)、1点(動かない)、2点(強い代償)、3点(非麻痺側の補助あり)、4点(ほぼ正常)、5点(正常)

方法：対象者

28名 [男女各14名、33-76(平均 55.9 ± 17)歳、発症後 66.9 ± 15.2 ヶ月]

- 選択基準

- 麻痺上肢の随意運動(少なくとも最小限)
- 十分な言語理解
- 正常な認知機能

- 除外基準

- 別の上肢リハビリテーションプログラムに参加
- 併存する神経障害
- 痙縮に対する3ヶ月以内の注射治療

方法： 対象者

TABLE 1 Demographic information for the participants. Mean values are shown with standard deviation values provided in brackets. Note MoCA refers to Montreal Cognitive Assessment.

Measure	Mean (SD)
Age in Years	55.9 (12.3)
Years of Education	16.3 (7.7)
MoCA Score	26.8 (3.2)
Months since Stroke	66.9 (60.7)
# Hemorrhagic stroke	10
# Ischemic stroke	18
# Lesion on right side	17
# Lesion on left side	11
# Lesion in frontal lobe	7
# Lesion in brainstem	6
# Middle cerebral artery territory	10
# Subcortical	5

方法：手順

- 実施期間/回数

3週間の間に9セッション実施

開始前日(pre-test)と終了翌日(post-test)に上肢機能を評価

- Fugle-Meyer Motor Assessment for Upper Extremity(FM-UE)
- Wolf Motor Function Test(WMFT)

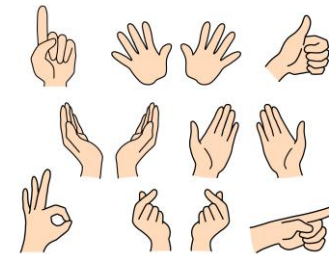
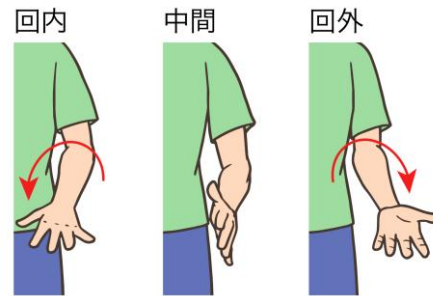
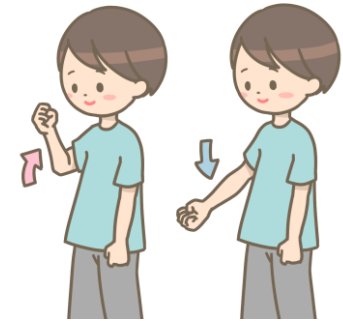
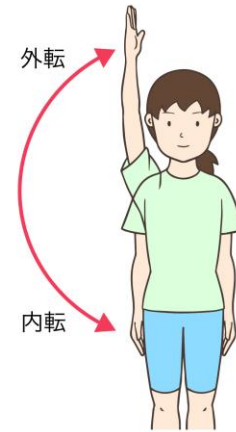
- 使用器機

- Yamaha CP40 Stage Piano and DTX Drums
- Sonification Arm Training Apparatus (SONATA)
- 電子メトロノーム
- 加速度計

方法：手順

具体的な上肢リハビリテーション内容

- 1) 肩の外転/内転
- 2) 肘の屈曲/伸展
- 3) 回内/回外
- 4) 手指の巧緻動作
- 5) 体幹の回旋



各セッションは15分(上記5つの運動をそれぞれ3分)を2ブロック

方法：統計分析

加速度の分析

- 各セッションのピークパワーとピーク幅に対し反復測定分散分析(ANOVA)を実施
- 多項式トレンド分析を用いてピークパワーとピーク幅のセッション間の変化(例:線形、二次、立方、四次など)を定量化
- 有意な多項式傾向が存在する場合、セッション1と9の差異を対応のあるt検定で判定

臨床評価の分析

- FM-UEとWMFTのpre・postスコアの差異をウィルコクソン符号順位検定で評価

方法：統計分析

加速度と臨床評価の関係

- ピアソン相関分析を用いて、
 - pre・post FM-UEスコアとセッション1および9のピークパワーおよびピーク幅を比較
 - pre・post WMFTスコアとセッション1および9のピークパワーおよびピーク幅を比較

ピークパワー、ピーク幅、FM-UE、WMFTの変化の関連

- Δ スコアは、散布図を用いて定性的評価
 - セッション1で測定されたピークパワーとピーク幅の値をセッション9から差し引いて、 Δ ピークパワーと Δ ピーク幅を算出
 - FM-UEおよびWMFT-FAスコアをpostからpreから差し引いて、 Δ FM-UEおよび Δ WMFTスコアを算出

結果

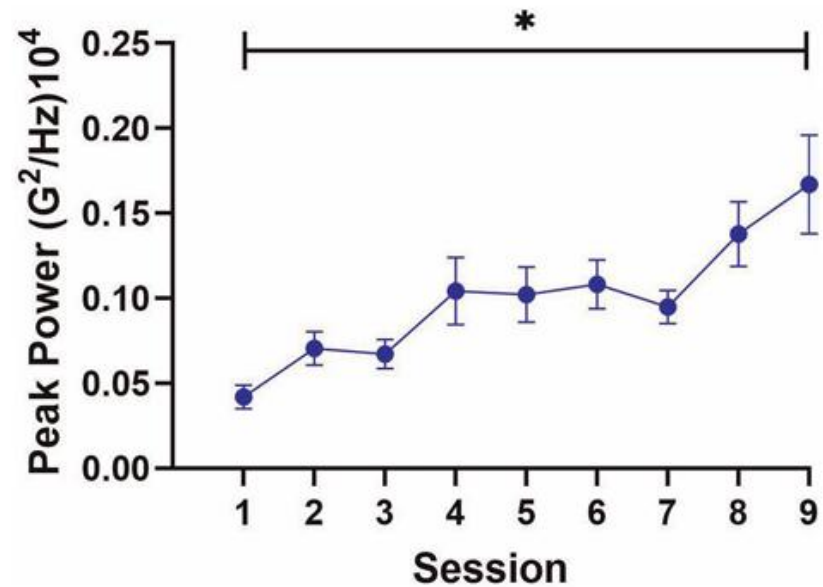


FIGURE 2

The findings for peak power. Peak power was greater in Session 9 compared to Session 1, which supports the effectiveness of the intervention. Note: Error bars denote standard error of the mean, * = significance at <0.05 .

significant linear and cubic trends

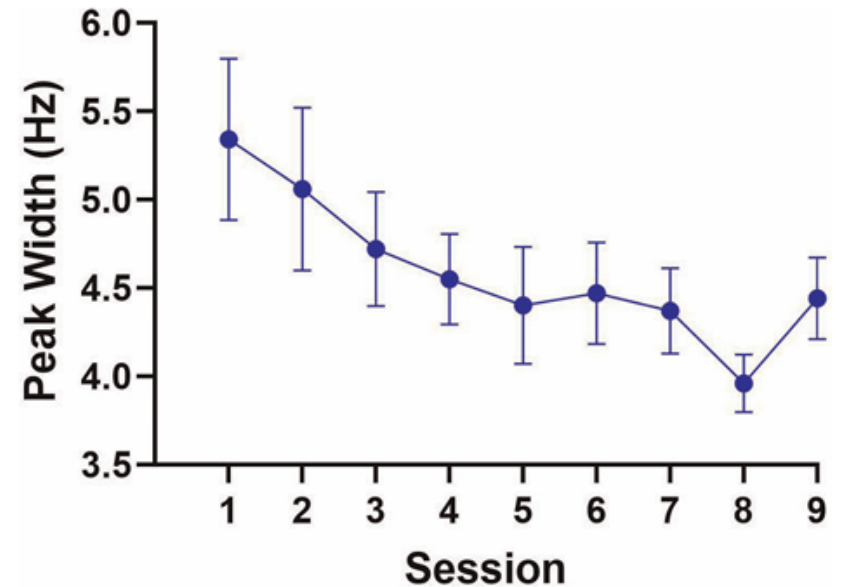


FIGURE 3

The results for peak width. Although not significant, peak width numerically decreased from Sessions 1 to 9, localized to frequency ranges commonly associated with voluntary motor control.

significant linear trend

結果

臨床評価

FM-UEとWMFTともに、
開始前に比べ開始後のスコアが有意に向上

結果

TABLE 2 Correlational analyses between clinical and accelerometry-based metrics. Values marked with * indicate a statistically significant difference at $p < 0.03$.

	Peak Power S1	Peak Power S9	Peak Width S1	Peak Width S9
FM-UE Pre-test	0.16	—	−0.43*	—
FM-UE Post-test	—	0.05	—	−0.11
WMFT Pre-test	−0.04	—	−0.31	—
WMFT Post-test	—	−0.05	—	−0.18

Note: S, Session.

結果

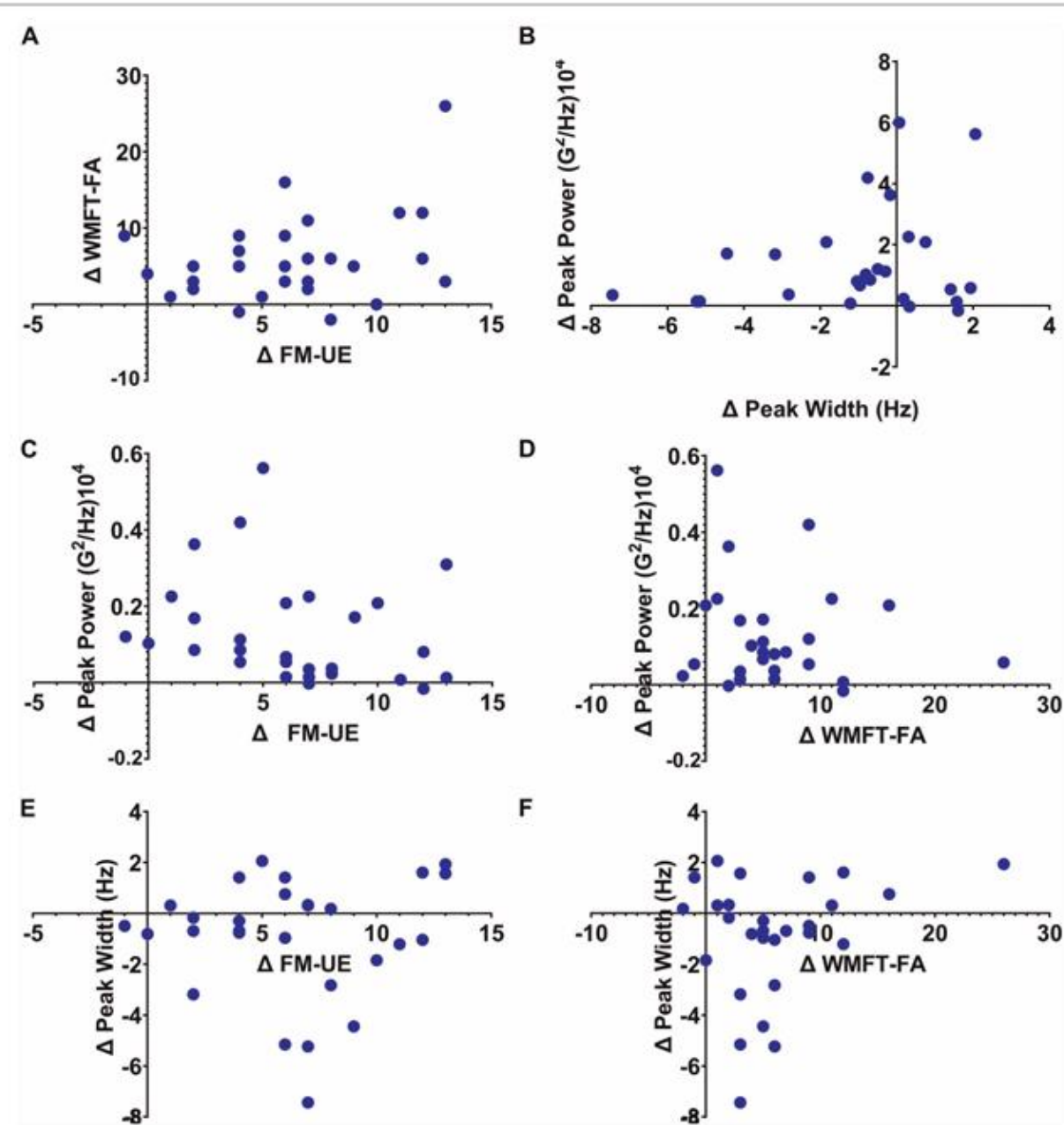


FIGURE 4

The results for relationship between measures. The relationship between WMFT and FM-UE scores (i.e., Panel A) as well as between Δ peak power and Δ peak width (i.e., Panel B) are shown. Δ peak power and Δ FM-UE and Δ WMFT are shown in panels C and D, respectively. Lastly, Panels E and F show the relationship between Δ peak width and Δ FM-UE and Δ WMFT.

考察

- セッション1と9の間でピークパワーが増加
→ より大きな加速度で行われた
- セッション全体でのピーク幅の全体的な減少とも一致
→ より速く、より安定した加速度で意図的な動き
→ 麻痺側上肢のコントロール機能が改善したことを示唆
→ preとpostの臨床評価スコアの変化を反映
- セッション1のピーク幅とFM-UEのpreテストに中程度の相関
→ 麻痺側の加速度の変動と運動障害レベルの関連を示唆

考察

ピークパワーとピーク幅の測定

他の標準的な臨床評価では捉えられないような、動的な運動制御の回復状況を示す指標となり得る