

## **The influence of juggling on mental rotation performance in children**

Petra Jansen, Léonie F. Lange, Martin Heil

*Biomedical Human Kinetics*, **3**, 18 – 22, 2011

# Petra Jansen は空間認識能力と運動訓練の関係に関する研究に従事

# 取り上げられている先行研究の補足説明も兼ねる

### **Abstract**

- 心的回転課題のパフォーマンスにおけるジャグリング訓練の効果に関して子供を対象に検証
  
- ジャグリング訓練を行った子供たちは、筋力トレーニングを行った子供よりも有意に心的回転課題を早く解くようになった

### **Introduction**

- 発達科学や認知科学では、運動能力と認知パフォーマンスとの関連が注目
  - 特に空間認識能力と関連 (Campos et al., 2000)
    - ◇ 空間認識能力：認知プロセス（視覚化→位置確認→心的回転） (Linn & Petersen, 1985)
  - 運動発達障害は認知の発達と、認知障害は運動発達と関連 (Gillberg, 2003)
  
- 心的回転課題における運動訓練の影響に関する研究 1（実験参加者は大人）(Wexler, Kosslyn & Berthoz, 1998) #補足説明
  - 反応時間…ハンドル操作（時計回り or 半時計回り）と心的回転の方向（時計回り or 半時計回り）が一致する場合 < 一致しない場合
  - エラー率…ハンドル操作（時計回り or 半時計回り）と心的回転の方向（時計回り or 半時計回り）が一致する場合 < 一致しない場合

# 補足説明 (Wexler, Kosslyn & Berthoz, 1998)

- ハンドルを一定の角速度で時計または半時計に回すよう教示
  - Phase 2 からハンドル操作を開始（心的回転課題に反応するまで）
    - ◇ Phase 1 と Phase 3 の図形が一致するかどうかを判断
  - 手を回す方向（時計回り or 半時計回り）と心的回転の方向（時計回り or 半時計回り）が一致する場合としない場合

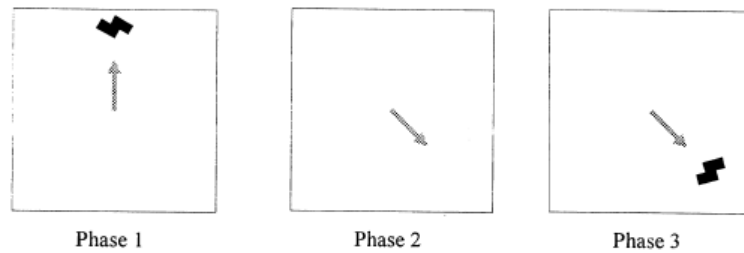


Fig. 2. A typical sequence of stimuli in the mental rotation task (the frame is not displayed, white and black are reversed, gray is yellow).

- 心的回転課題における運動訓練の影響に関する研究 2（実験参加者は大人）  
(Wiedenbauer, Schmid & Jansen-Osmann, 2007) #補足説明
  - 心的回転能力が手を回す運動訓練によって向上

# 補足説明 (Wiedenbauer, Schmid & Jansen-Osmann, 2007)

- スティックを回し，一方の刺激を回転させて角度をもう一方と同じにする訓練
  - 訓練有と訓練無のグループにおいてプレーポスト間での反応時間の差分を比較

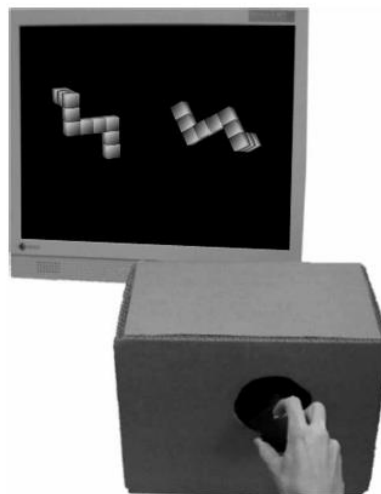


Figure 3. Stimuli and input device of the virtual manual rotation training.

- Frick et al. (2009) は，Wexler, Kosslyn & Berthoz (1998) と同様の実験で 5～8 歳の子供と，11 歳・大人の間で心的回転のパフォーマンス向上に差があることを確認
  - 前者の方が後者よりも，早く課題を解決できるようになる
    - ◇ ハンドル操作と心的回転の方向が一致する場合
  - 小さい子供では，運動能力と心的回転能力の関連が強い可能性
  - その一方で，上記とは異なる主張も存在 (Krüger & Krist, 2009)
    - ◇ 小さい子供では，運動能力と心的回転能力の関連が弱い

- ハンドル操作以外の運動訓練の効果に関する研究は、これまであまり多くはない
  - 大人を対象にしたジャグリング訓練に関する研究 (Jansen, Titze & Heil, 2009)
    - ◇ 訓練なしよりも心的回転のパフォーマンスを向上
  - ジャグリング訓練後に、心的回転に関連する頭頂間溝が賦活 (Jordan et al., 2001)
    - ◇ 頭頂間溝…視空間認識, 運動空間の構築に関係
  
- 本研究では、Jansen, Titze & Heil (2009) の主張が子供を対象にした実験でも主張できるのかを検証
  - 統制群においては、今回バンドを用いた筋力トレーニングを行わせる
    - ◇ Jansen, Titze & Heil (2009) によれば、純粋な運動訓練が反応の早さに違いをもたらすと主張
  - 今回のパフォーマンスは性差があるため (Neuburger et al., in press), それを考慮して本実験の参加者は女性のみ

## Material and Methods

### Participants

- 6~14歳までの女の子 57名
  - 視覚に障害はなし
  - ジャグリング未経験者
  - ランダムにグループ分け
    - ◇ ジム教室でジャグリング訓練をうける実験群 (EG 群) …29名
    - ◇ ジム教室で筋力トレーニングを受ける統制群 (CG 群) …28名
    - ✓ 最終的に EG 群 26名, CG 群 24名が参加
  
- 各群の参加者は一斉に2人のトレーナーによって訓練を受ける
  
- 参加者は全員, 謝礼金として300ユーロを受ける

### Procedure

- 静かなロッカールームまたは医務室で, 3人ずつ心的回転課題のプレテスト, ポストテストを実施
  - 各参加者は50cmずつ離れた15インチのモニターで各自課題を実施
    - ◇ お互いの様子は見えない
  
- 実験刺激として3次元のキューブが使用 (P.8 Fig.1)
  - 10個の立方体の組み合わせから構成

- 刺激はそれぞれ 7cm × 7cm で刺激の間は 14cm
- 実験では 2 つの刺激が同時に提示
  - 右の刺激が左の刺激と一致するか、左右反転かを判断
    - ◇ 刺激が同一の場合…人差し指のボタン
    - ◇ 刺激が左右反転…中指のボタン
  - 心的回転を行う回転角度は 0 度, 90 度, 180 度
- テストを 50 分間実施
  - 始めにグレースクリーンが表示
  - 500ms 後に刺激が提示
  - 参加者が同一 or 左右反転の判断をなるべく早く, 正確に行う
  - 500ms 間, 判断に対するフィードバックが提示 (“+” or “-”)
  - 1500ms 後に, 次の試行に向けたグレースクリーンが提示
- 27 試行毎に小休憩あり
  - 合計 432 試行実施
    - ◇ 18 種類のキューブ × 2 種類の判断 (同一 or 左右反転) × 3 種類の回転角度 × 4 度
  - テスト前に 54 試行練習を実施
  - 3 か月のインターバルを置いてポストテストを実施
- EG 群は週 2 回体育の授業でジャグリング訓練を実施 (3 か月間)
  - 最初と最後の 15 分で訓練を実施
  - 訓練は教本 (Ehlers, 2005) に基づく
  - 週毎に難易度が増加
  - 上記以外に 1 日 10 分の自主練習をするよう指示
  - 毎回の訓練で訓練時間と何回トスを成功させたかをパフォーマンスとして記録
    - ◇ トスの成功: ボールを一方の手で投げて, もう一方の手でキャッチした回数
    - ◇ 具体的な技は不明
- CG 群は, 簡単な筋力トレーニングを実施 (3 か月間)
  - テーラーバンドで以下のトレーニングを実施
    - ◇ 二頭筋カール: バンドの上に片足で立って, 各手できつくなるまでバンドを引っ張る
    - ◇ 膝の屈伸運動: バンドの上に両足を乗せ, 起き上がりながら肩の高さまでバ

ンドを引っ張り、それを繰り返す

- 上記以外に1日10分の自主練習をするよう指示
- 毎回の訓練で屈伸できた回数をパフォーマンスとして記録

### Data analysis

- 心的回転課題において、“同一”と判断、かつ正解であった時の反応時間を分析対象
  - 全反応時間の平均から2標準偏差離れているデータは分析から除外
  - プレテストとポストテストにおける反応時間の差分を群間と角度間で比較
- エラー率も%で計算
- 心的回転課題とジャグリングのパフォーマンス、筋力トレーニングのパフォーマンスとの相関

### Results

- プレテスト
  - 反応時間…EG群≒CG群
- 運動訓練のパフォーマンス (P.7 Table 1)
  - ジャグリング訓練…訓練開始直後 < 訓練後 ( $p < 0.01$ )
  - 筋力トレーニング…訓練開始直後 < 訓練後 ( $p < 0.01$ )
- プレテストとポストテストにおける反応時間の差分 (P.8 Fig.2)
  - 90度と180度…EG群の方がCG群よりも反応時間を短縮 ( $p < 0.01$ )
  - EG群…反応時間の短縮は90度が最も大きい ( $p < 0.01$ )
  - CG群…反応時間の短縮については各角度間で差はなし
- エラー率については、群間で、角度間で有意差なし
- プレテストとポストテストにおける運動訓練のパフォーマンスの差分は年齢と相関あり ( $p < 0.05$ ) (P.7 Table 2)
  - プレテストとポストテストにおける反応時間や、エラー率の差分とは相関なし

### Discussion

- 本研究の結果は、先行研究 (Jansen, Titze & Heil, 2009) に続く結果
  - 今回は子供を対象として、「ジャグリング訓練が心的回転のパフォーマンスを向上

させる」ことを確認

- ジャグリング“訓練”が回転角度 90 度と 180 度において、反応時間に影響を与えた
  - 0 度については効果なし
    - ◇ 0 度の場合は心的回転する必要がない
- プレテストとポストテストにおける反応時間の差分と異なり、エラー率ではジャグリング訓練の効果なし
  - エラー率よりも反応時間の方が感度の高い測定指標 (Heil et al., 1998)
- 本研究の結果は、先行研究 (Frick et al., 2009) の結果と一致
  - 手で (ハンドルを) 回す訓練がパフォーマンスを向上させるが、年齢に依存
    - ◇ 5 歳や 8 歳の子供は、11 歳よりも“ハンドルを回す”行為を心的回転の軌跡とマッチングしやすい
- 身体性の観点から今回の結果を考察すると以下
  - 運動課題については、両方でフィードバックが異なる
    - ◇ ジャグリング訓練…運動の協調に関するフィードバック
    - ◇ 筋力トレーニング…運動の強さに関するフィードバック
- ジャグリングと心的回転には共通な特徴が存在
  - 周期的な運動が要求され、運動の収束が伴う (Jansen, Titze & Heil, 2009)
    - ◇ ジャグリング…ボールのトスやキャッチを繰り返す一方で、楕円形になるように各手を運動 (Post, Daffertshofer & Beek, 2000)
    - ◇ 心的回転…周期的な回転軌道であり、対象物を元の状態にもっていく
  - ジャグリングは手を鏡に映したような動きが要求
    - ◇ 心的回転も刺激が左右反転なのかに関する判断が要求
- 今後は、他の周期的な運動 (例…水泳, 円盤投げ) で検証する必要あり
- 運動訓練のパフォーマンスと心的回転のパフォーマンスに相関がなかったことについては、今後、検証すべき
  - 心的回転のパフォーマンスにおける認知と運動発達の効果に関して、より正確に評価するためにさらなる検証が必要
    - ◇ ジャグリングのような心的回転と共通の特徴を持っている課題には運動システムが影響を受けるかもしれない

- 性差やホルモンの役割に関する問題も今後、議論しなければならない
  - 女性は手の動きを観察した時に、男性はドットの動きを観察した時に運動皮質がより賦活 (Cheng et al., 2006)
  - 6~14 歳ではテストステロン (男性ホルモン) の状態が異なる
    - ◇ 心的回転のパフォーマンスで影響が表れる (Hausmann & Güntürkün, 2000)
  
- 今後は、年齢や性別、訓練期間を考慮して、高次認知 (例：問題解決) が要求される課題において運動課題が正の効果をもたらすのかについて検討

**Table 1.** Mean values ( $\pm$ SD) of age, reaction time pre-training and of training effects

Variable	Group	Juggling n = 26	Strength n = 24
Age (years)		10.4 $\pm$ 2.2	10.5 $\pm$ 2.4
Reaction time (ms) pre		3704 $\pm$ 1055	3297 $\pm$ 1061
Motor training effect		16.8 $\pm$ 30.8**	2.33 $\pm$ 1.76**
	Range	0 – 117	0 – 6

\*\* p<0.01

**Table 2.** Coefficients of correlation of training effects with age or difference scores in the mental rotation task

Correlated variable	Group	Juggling n = 26	Strength n = 24
Age		0.466*	0.443*
Difference score (RT)		-0.012	0.160
Difference score (Error)		-0.142	0.216

\* p<0.05

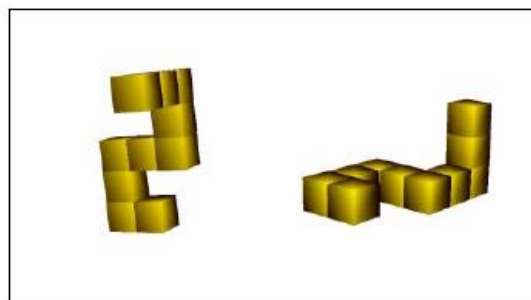


Fig. 1. An example of the items of the mental rotation task

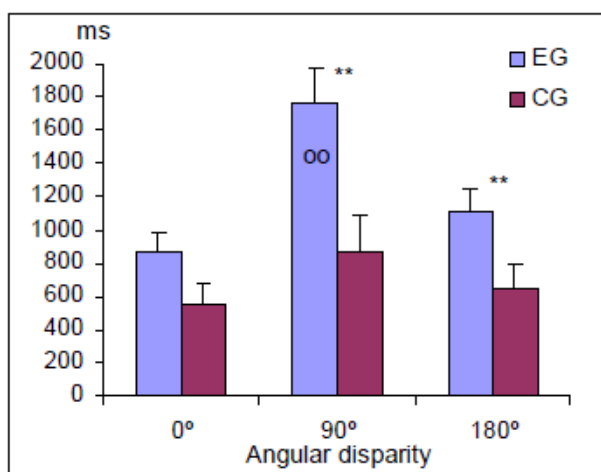


Fig. 2. Post-pre differences in reaction time in the mental rotation task (Means  $\pm$ SE)

\*\* Significant ( $p < 0.01$ ) difference between groups;  $\infty$  Significantly ( $p < 0.01$ ) different from mans at 0 and 180°