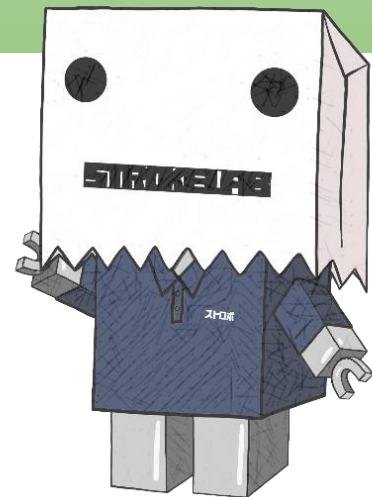


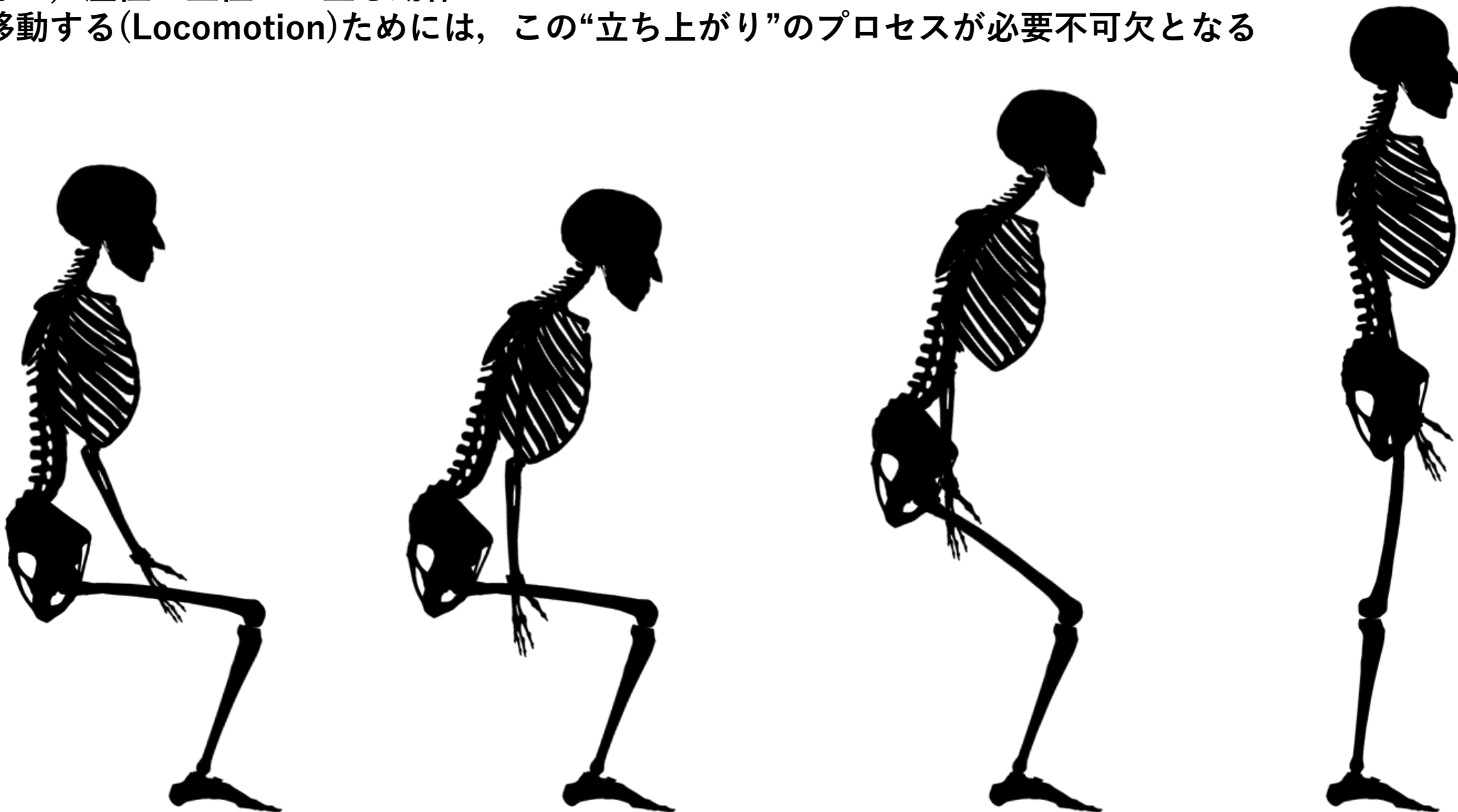
立ち上がり (*Sit to Stand*)

上肢帯・下肢帯からの運動連鎖アプローチ



立ち上がり (Sit to Stand) とは？

- ✓ 支持基底面(BOS)が両側殿部/大腿後面/足底で構成された状態から足底のみへと移行し、質量中心(COM)を前上方に移動させ、座位⇒立位へと至る動作
- ✓ ヒトが移動する(Locomotion)ためには、この“立ち上がり”のプロセスが必要不可欠となる



特 徴

①推 進

立ち上がるために必要な
関節トルクの生成

②安 定

座位BOSが両足底に
限定される立位BOSへ
COMを移動すること
に対する安定の保証

③適 応

環境の制約に従い
推進/安定の目標達成に
用いる運動戦略への
適応能力

起き上がりとの共通点

Janssen WG et al : Determinants of the sit-to-stand movement : a review. PhysTher82:866879,2002

- ✓ 起き上がりとの類似点は、BOS変化に関連するCOMの前後方向の移動、COMの上下方向の移動を両立させること
- ✓ 立ち上がりに影響を与える因子を調査した研究報告では、
①座面シートの高さ ②上肢でのアームサポートの使用 ③足部の位置 が重要であると報告している

Phys Ther. 2002 Sep;82(9):866-79.

Determinants of the sit-to-stand movement: a review.

Janssen WG¹, Bussmann HB, Stam HJ.

⊕ Author information

Abstract

BACKGROUND AND PURPOSE: The sit-to-stand (STS) movement is a skill that helps determine the functional level of a person.

Assessment of the STS movement has been done using quantitative and semiquantitative techniques. The purposes of this study were to identify the determinants of the STS movement and to describe their influence on the performance of the STS movement.

METHODS: A search was made using MEDLINE (1980-2001) and the Science Citation Index Expanded of the Institute for Scientific Information (1988-2001) using the key words "chair," "mobility," "rising," "sit-to-stand," and "standing." Relevant references such as textbooks, presentations, and reports also were included. Of the 160 identified studies, only those in which the determinants of STS movement performance were examined using an experimental setup (n=39) were included in this review.

RESULTS: The literature indicates that chair seat height, use of armrests, and foot position have a major influence on the ability to do an STS movement. Using a higher chair seat resulted in lower moments at knee level (up to 60%) and hip level (up to 50%); lowering the chair seat increased the need for momentum generation or repositioning of the feet to lower the needed moments. Using the armrests lowered the moments needed at the hip by 50%, probably without influencing the range of motion of the joints. Repositioning of feet influenced the strategy of the STS movement, enabling lower maximum mean extension moments at the hip (148.8 N m versus 32.7 N m when the foot position changed from anterior to posterior).

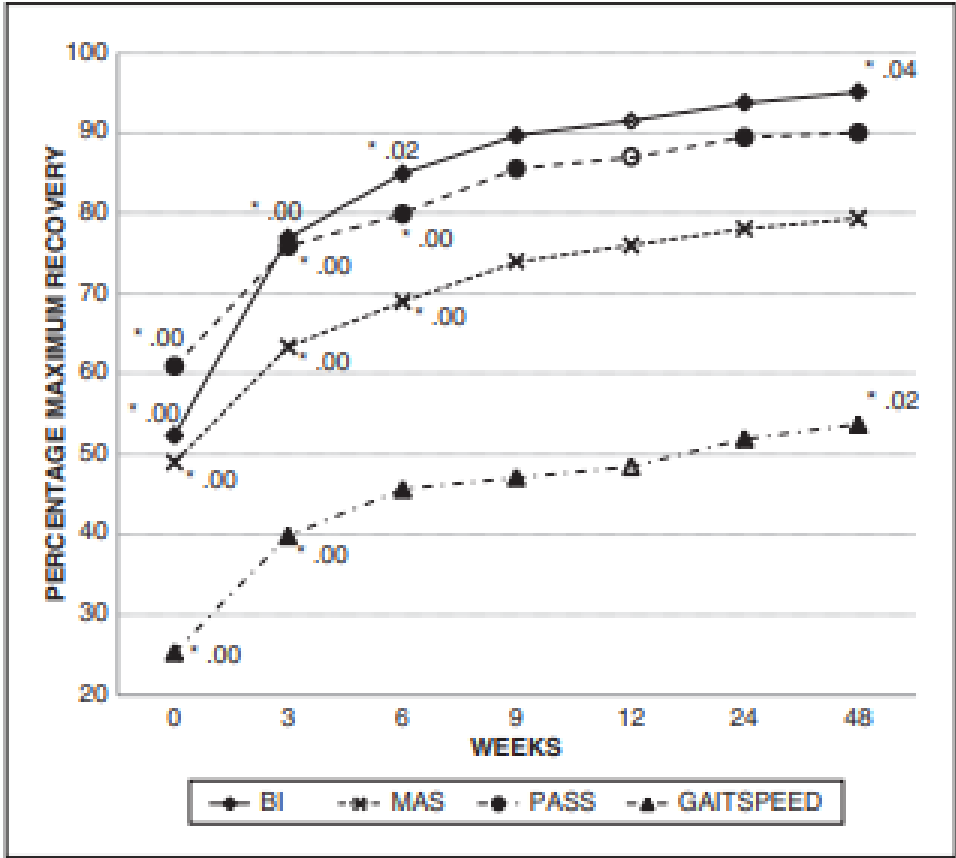
DISCUSSION AND CONCLUSION: The ability to do an STS movement, according to the research reviewed, is strongly influenced by the height of the chair seat, use of armrests, and foot position. More study of the interaction among the different determinants is needed. Failing to account for these variables may lead to erroneous measurements of changes in STS performance.



脳卒中後 1 年間の経過

Wim Janssen et al:Recovery of the Sit-to-Stand Movement After Stroke: A Longitudinal Cohort Study

- ✓ 脳卒中後の1年間で、立ち上がり可能な患者の割合が54%から83%に増加した
- ✓ ほとんどの改善は0～12週目にみられたが、12～24週目には大きな変化はみられなかった
- ✓ 12週目以降も立ち上がり速度，歩行速度，Barthel Indexの改善が続いている

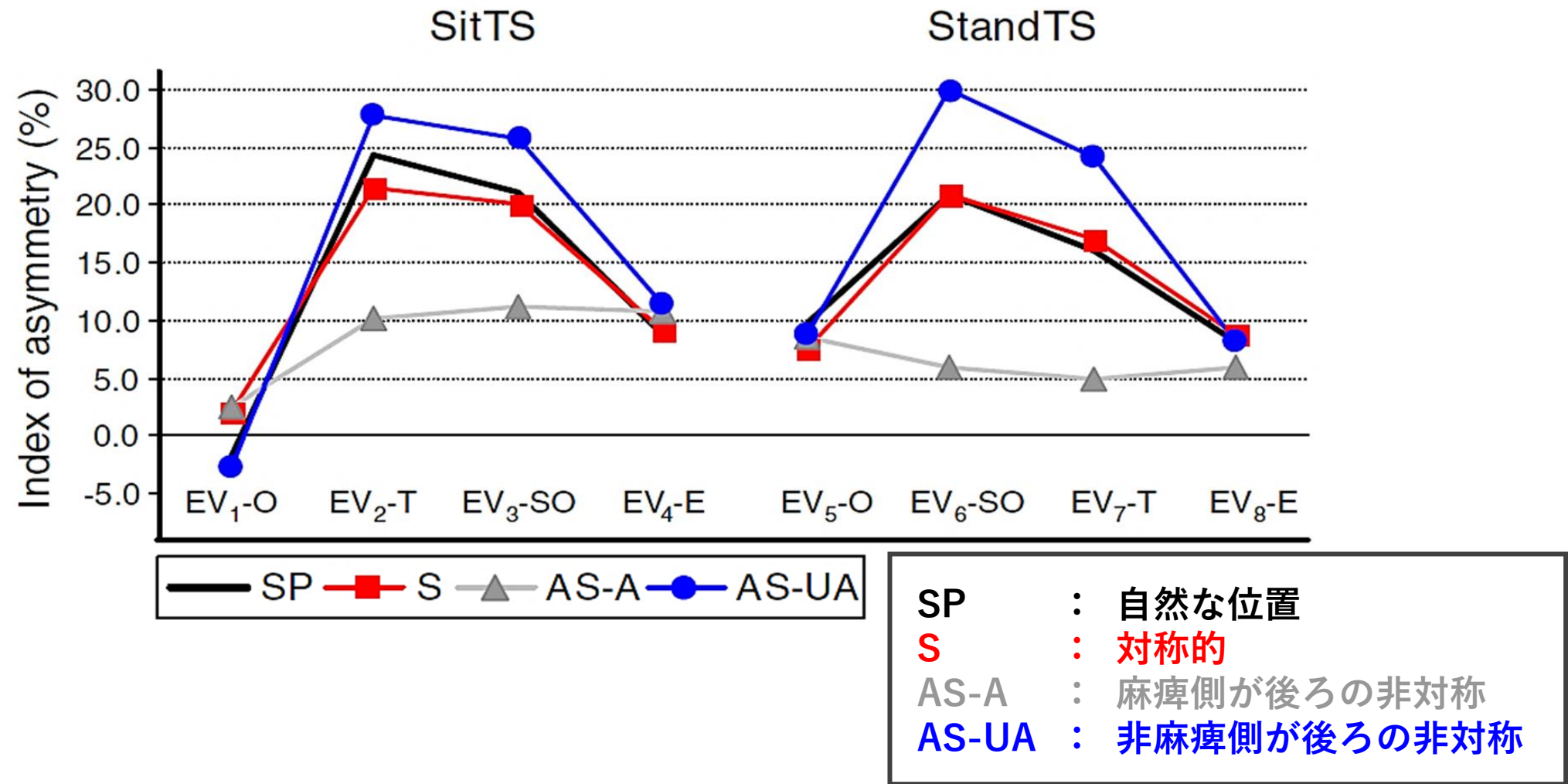


	Week 0, 46 Patients	Week 3, 46 Patients	Week 6, 43 Patients	Week 9, 39 Patients	Week 12, 42 Patients	Week 24, 42 Patients	Week 48, 40 Patients
Motor Assessment Scale	21.2 ± 18.1	28.0 ± 19.2	30.1 ± 18.6	32.0 ± 17.6	34.3 ± 17.4	34.3 ± 17.2	36.0 ± 17.2
Postural Assessment Scale for Stroke	17.9 ± 13.7	23.2 ± 12.2	24.6 ± 10.9	26.6 ± 9.6	27.6 ± 9.1	27.5 ± 10.3	28.4 ± 9.4
Barthel Index	8.7 ± 7.4	13.1 ± 7.3	14.4 ± 6.7	15.2 ± 5.8	15.8 ± 5.9	16.3 ± 5.3	16.8 ± 5.2
Gait speed (m/s)	0.31 ± 0.40	0.49 ± 0.49	0.51 ± 0.51	0.54 ± 0.52	0.57 ± 0.49	0.60 ± 0.51	0.66 ± 0.50

足部位置と立ち上がり

Roy G et al : The effect of foot position and chair height on the asymmetry of vertical forces during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis, Clin Biomech. 2006 Jul;21(6):585-93

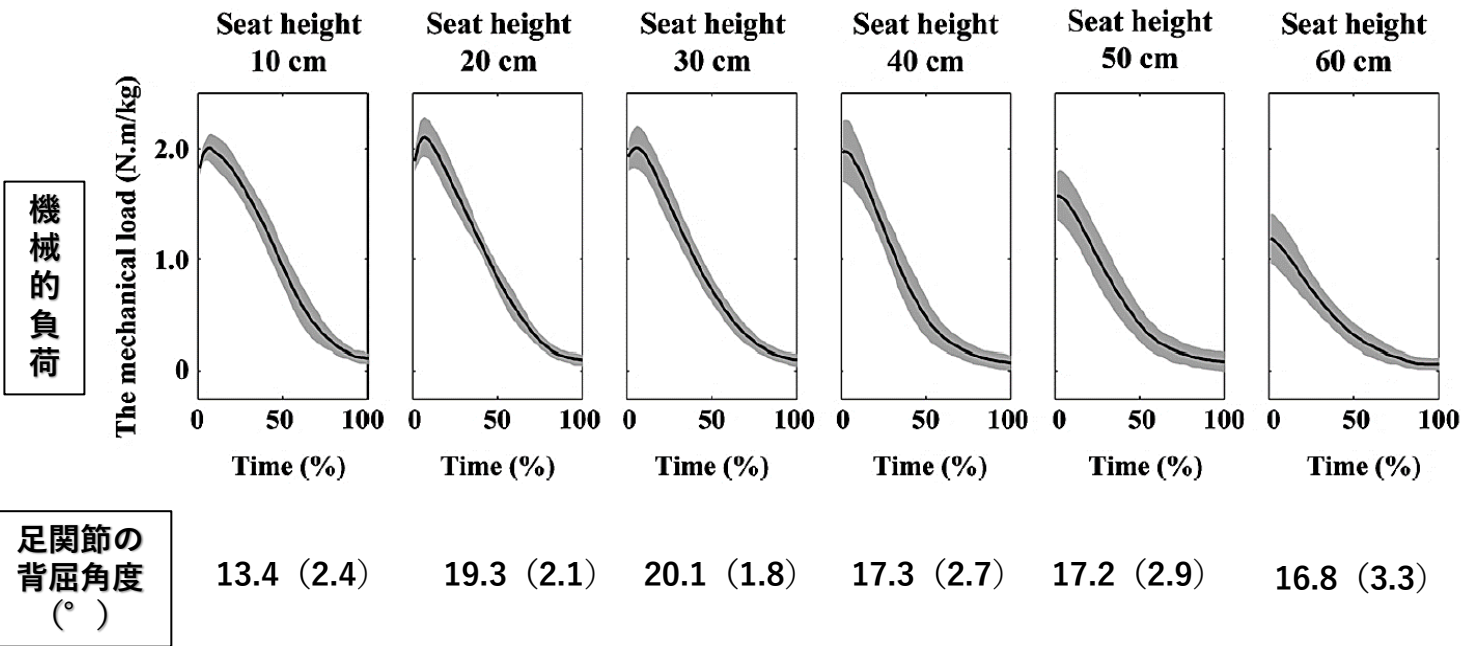
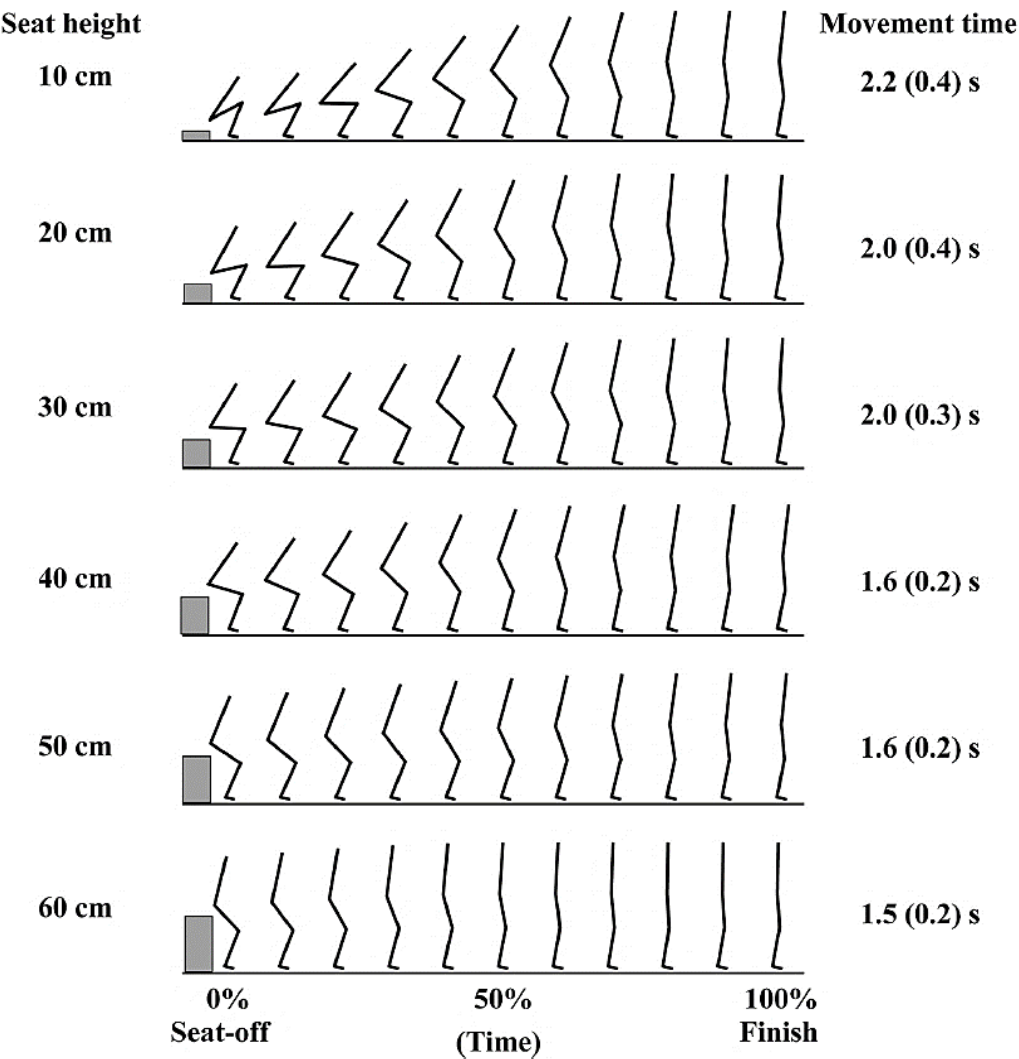
- ✓ 脳卒中患者における荷重の非対称性は、STS双方において離殿前や着座前から始まっており，麻痺側足部を後ろに引いた姿勢により，荷重の対称性を構築することが可能であると報告している
- ✓ 筋活動のActivationを図っていくうえで，セラピー時における足部位置を考慮することの重要性を示唆している



座面の高さと立ち上がり

Yoshioka S et al : Peak hip and knee joint moments during a sit-to-stand movement are invariant to the change of seat height within the range of low to normal seat height.Biomed Eng Online. 2014 Mar12;13(1):27

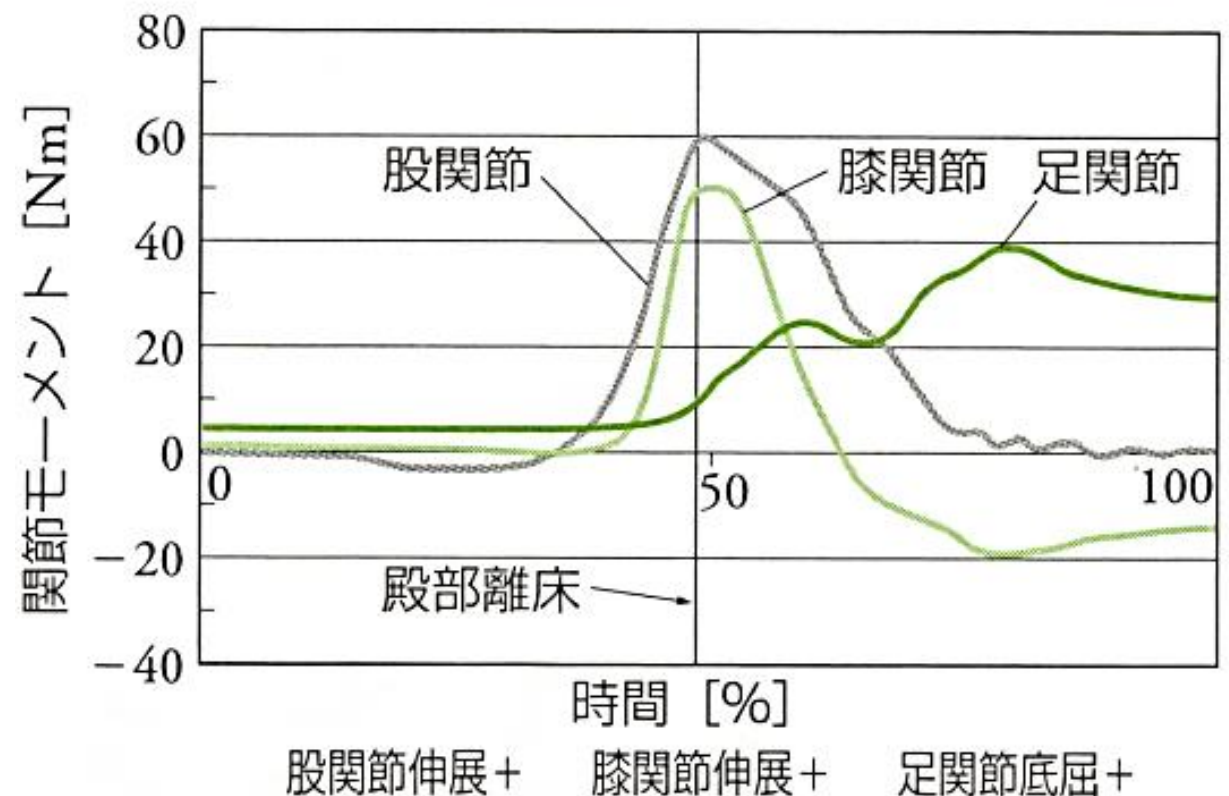
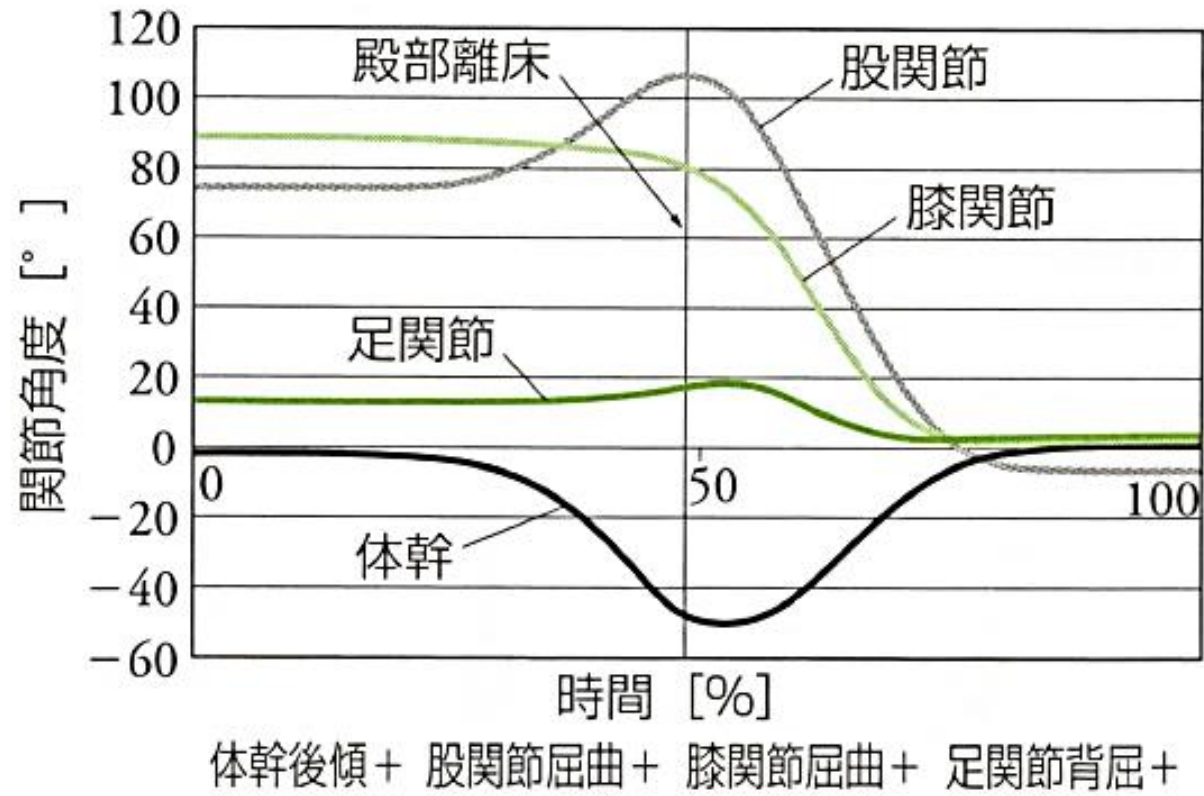
- ✓ 座面が高ければ高いほど、時間はかからず尚且つ最小の筋出力にて立ち上がることが可能になる
- ✓ それに対して、座面が低い場合は時間を要し尚且つ反力に抗するだけの筋活動が要求されることになる
- ✓ この特性は、患者ごとにメリットにもデメリットにも働く可能性があるため、セラピストの判断が要求される



各関節の経時的変化

Schenkman M et al. : Whole-body movements during rising to standing from sitting. Phys Ther. 1990 Oct;70(10):638-48, 長部太勇 他：立ち上がり動作の生体力学的特性と臨床への応用, 理学療法27：312-320.2010

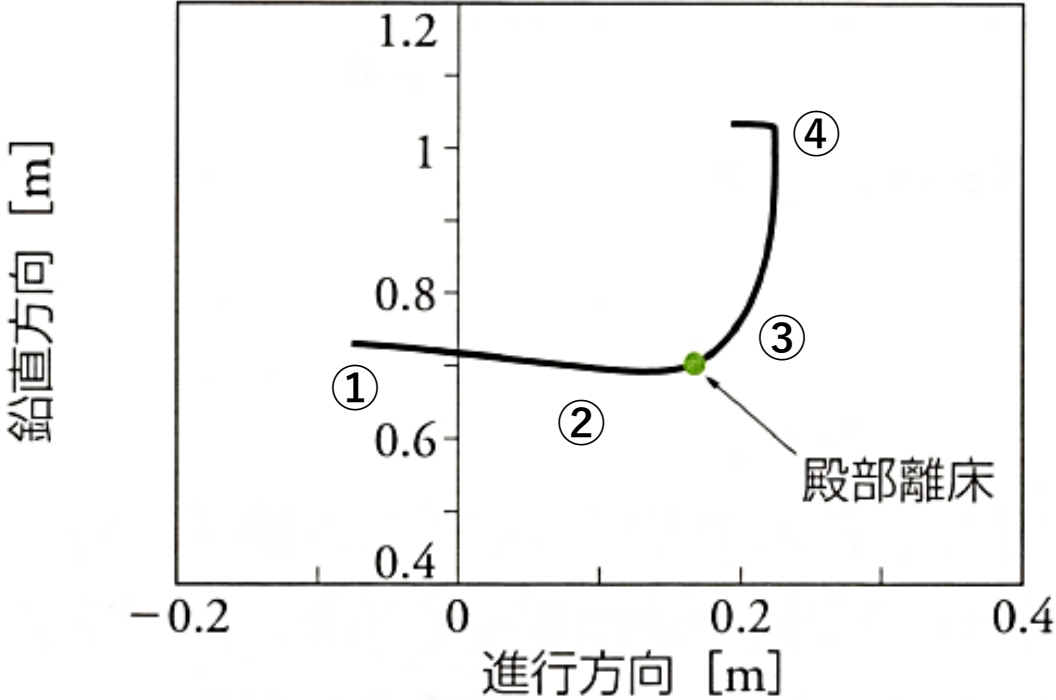
経時的にみたSit to Stand時における関節角度、関節モーメントの変化



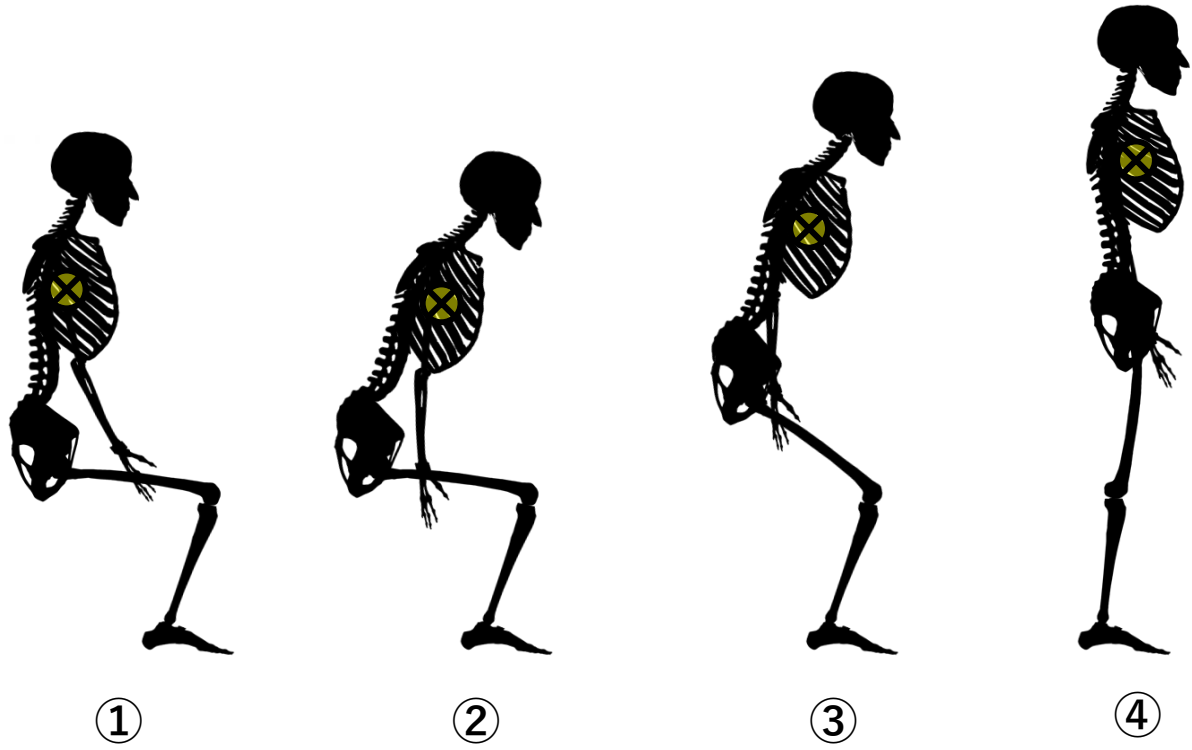
COMの軌跡と立ち上がり

長部太勇 他：立ち上がり動作の生体力学的特性と臨床への応用，理学療法27：312-320.2010

経時的にみたSit to Stand時におけるCOM



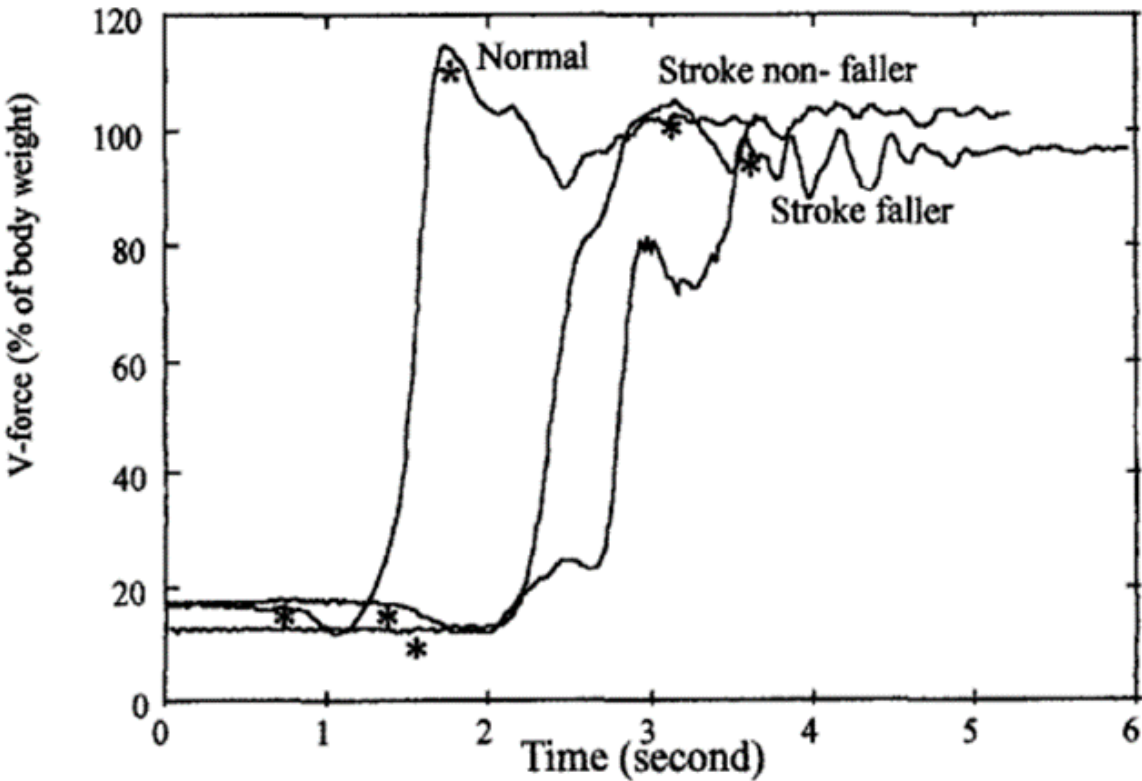
縦軸：+が上方. 横軸：+が前方
矢状面上のCOM軌跡を示す



立ち上がりには要求される要素

Cheng . The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. Arch Phys Med Rehabil. 1998 Sep;79(9):1043-6.

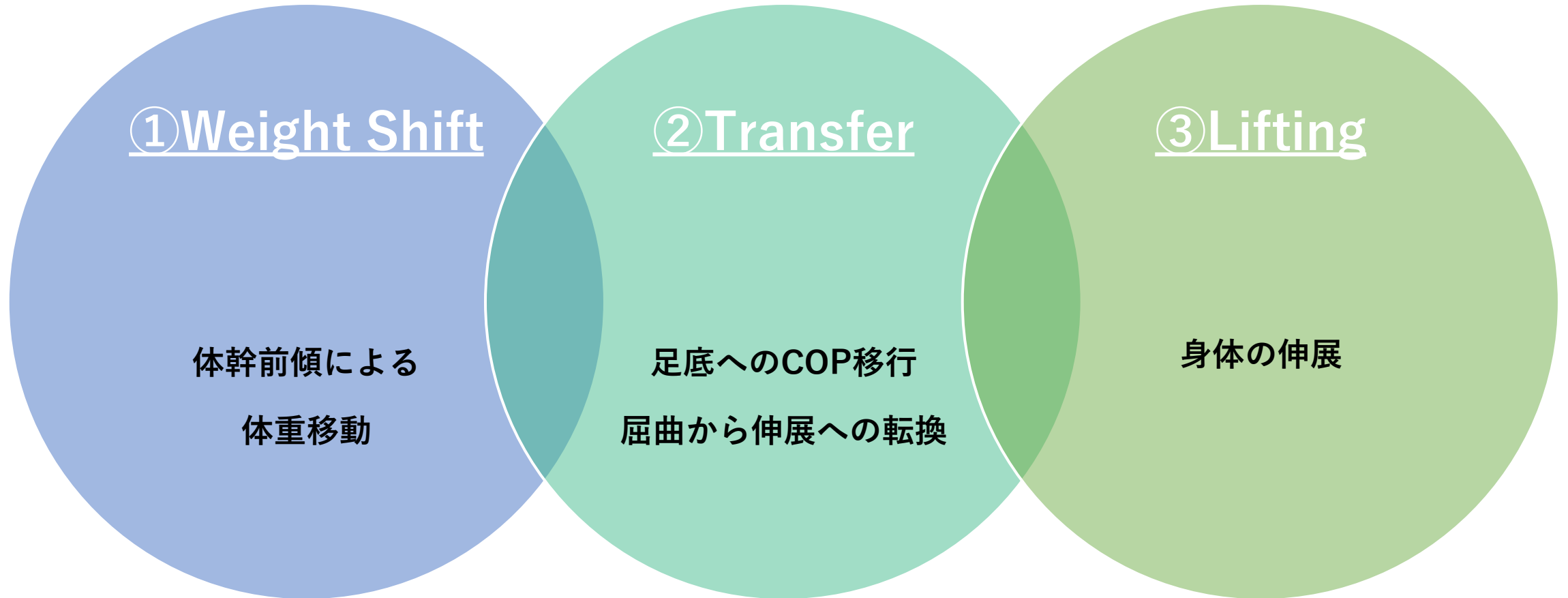
- ✓ 脳卒中患者は健常人と比べて立ち上がりの際の非対称性が強く、多くの時間を要している
- ✓ 起立時の麻痺側への荷重は24％程度となっており、ほとんどが非麻痺側での代償が優位となっている
- ✓ COPの変化も大きいと転倒のリスクも高まり、COMとの位置関係も考慮する必要がある



	健常者	脳卒中患者 (転倒歴なし)	脳卒中患者 (転倒歴あり)
	Healthy	Stroke Nonfaller	Stroke Faller
Duration (sec)*	2.63 ± .61	3.97 ± 1.12	4.73 ± 1.34
LR-VF-Diff (% of body weight)*			
左右の垂直方向の差	14.78 ± 5.4	43.81 ± 22.21	47.26 ± 16.50
COP X (cm)†	5.84 ± 2.99	8.86 ± 3.53	12.92 ± 6.66
左右			
COP Y (cm)	8.55 ± 2.58	8.70 ± 2.18	9.44 ± 3.26
上下			
立ち上がりには要する時間(sec)	1.88	2.73	4.32

立ち上がりには要求される要素

Millington PJ et al : Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. Arch Phys Med Rehabil. 1992 Jul;73(7):609-17



相でとらえる立ち上がり

Schenkman M et al. : Whole-body movements during rising to standing from sitting. Phys Ther. 1990 Oct;70(10):638-48

Phase I Flexion Momentum

- ①Weight Shift
- 体幹の前傾
 - COM・体重移動

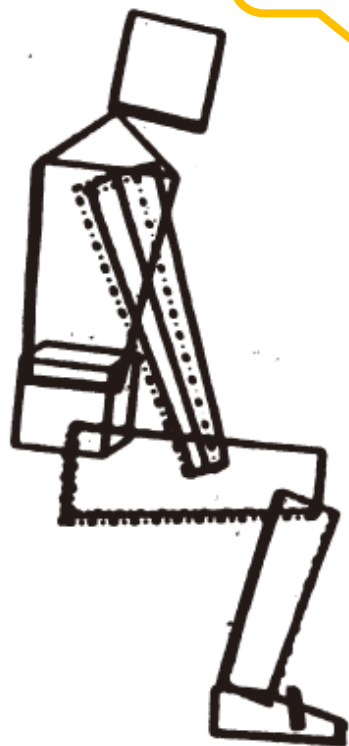
Phase II Momentum Transfer

- ②Transfer
- 股/膝関節伸展
 - COPの移行

Phase III Extension

- ③Lifting
- 股/膝関節伸展
 - 体幹の伸展

Phase IV Stabilization



Start



Lift Off



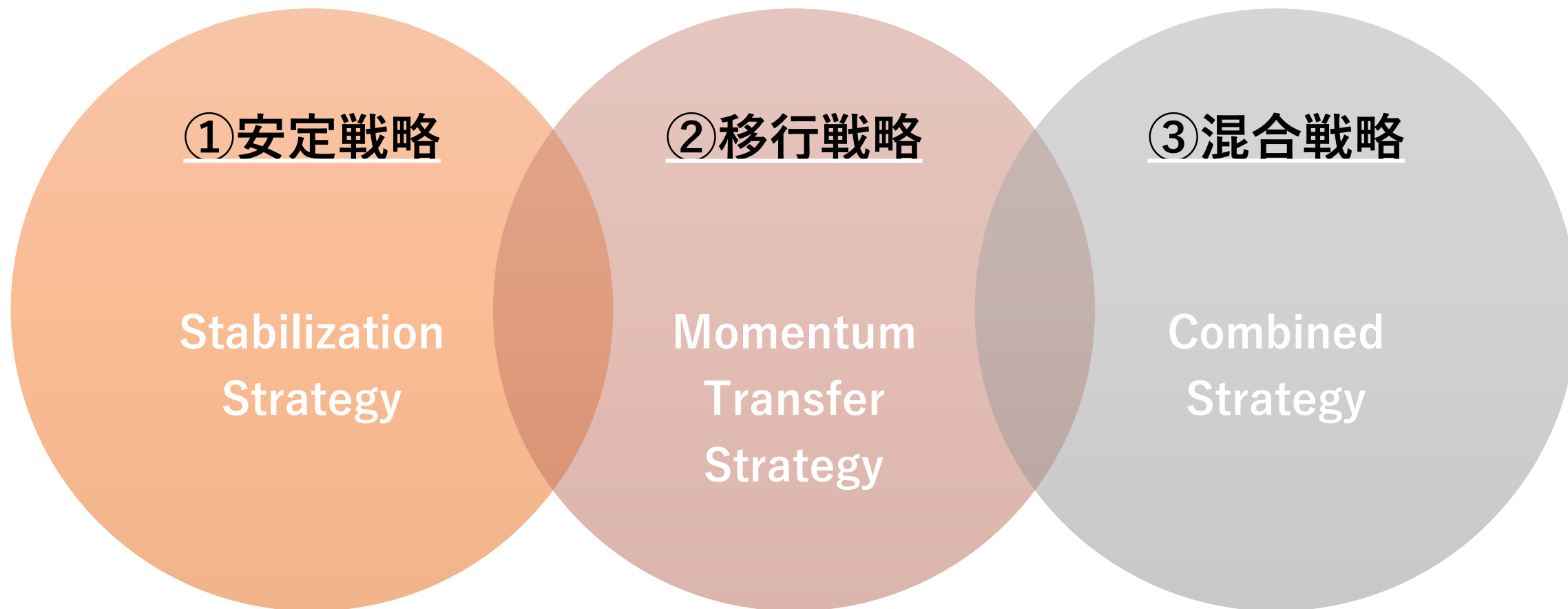
Max Dorsiflexion



End Hip Extension

立ち上がりにおける戦略

Millington PJ et al : Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons, Arch Phys Med Rehabil. 1992 Jul;73(7):609-17

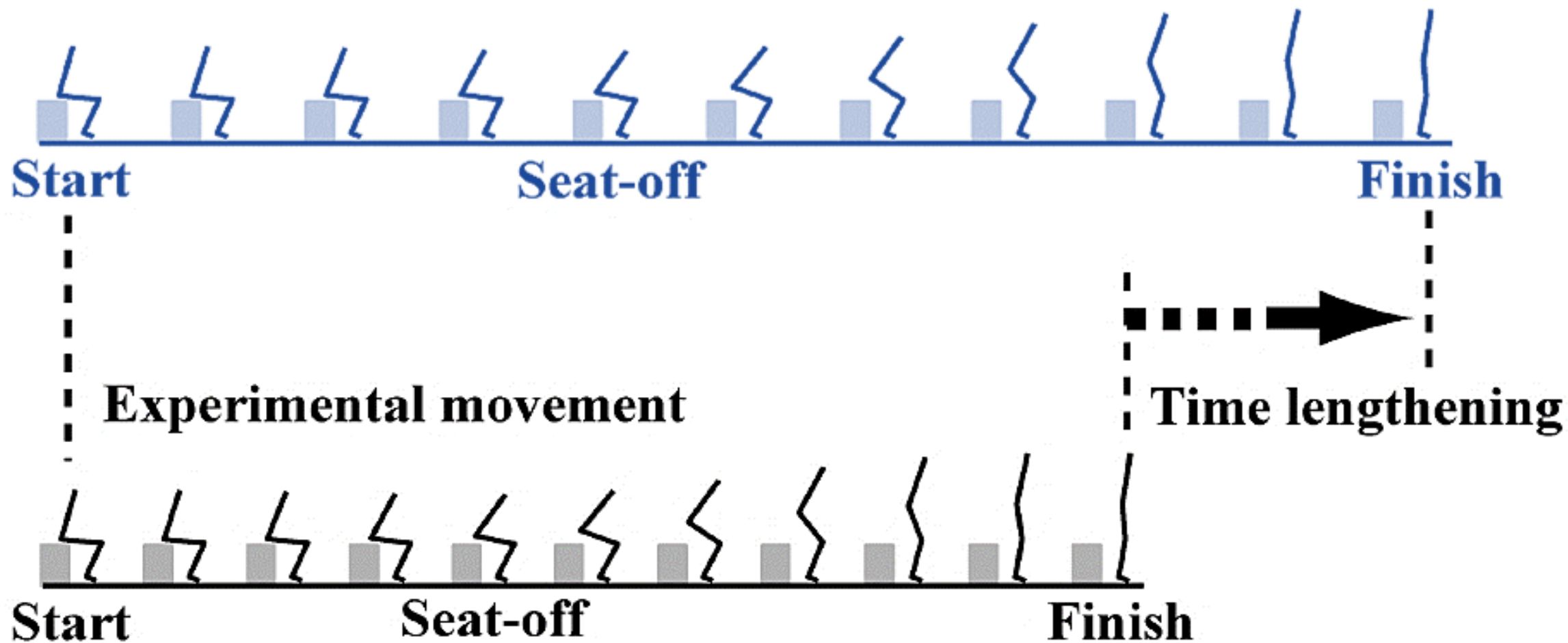


Stabilization Strategy

Yoshioka S et al : The minimum required muscle force for a sit-to-stand task, J Biomech. 2012 Feb 23;45(4):699-705

- ✓ 股関節屈曲による体幹前傾を強め、COMを両足底で構成されるBOS内に安定させながら移動させていく戦略
- ✓ 股関節伸展筋において、要求される筋活動が移行戦略と比較して大きくなる
- ✓ 体幹前傾が強いため、股関節伸展・腰部伸展モーメントが大きくなり、膝伸展モーメントは減少する

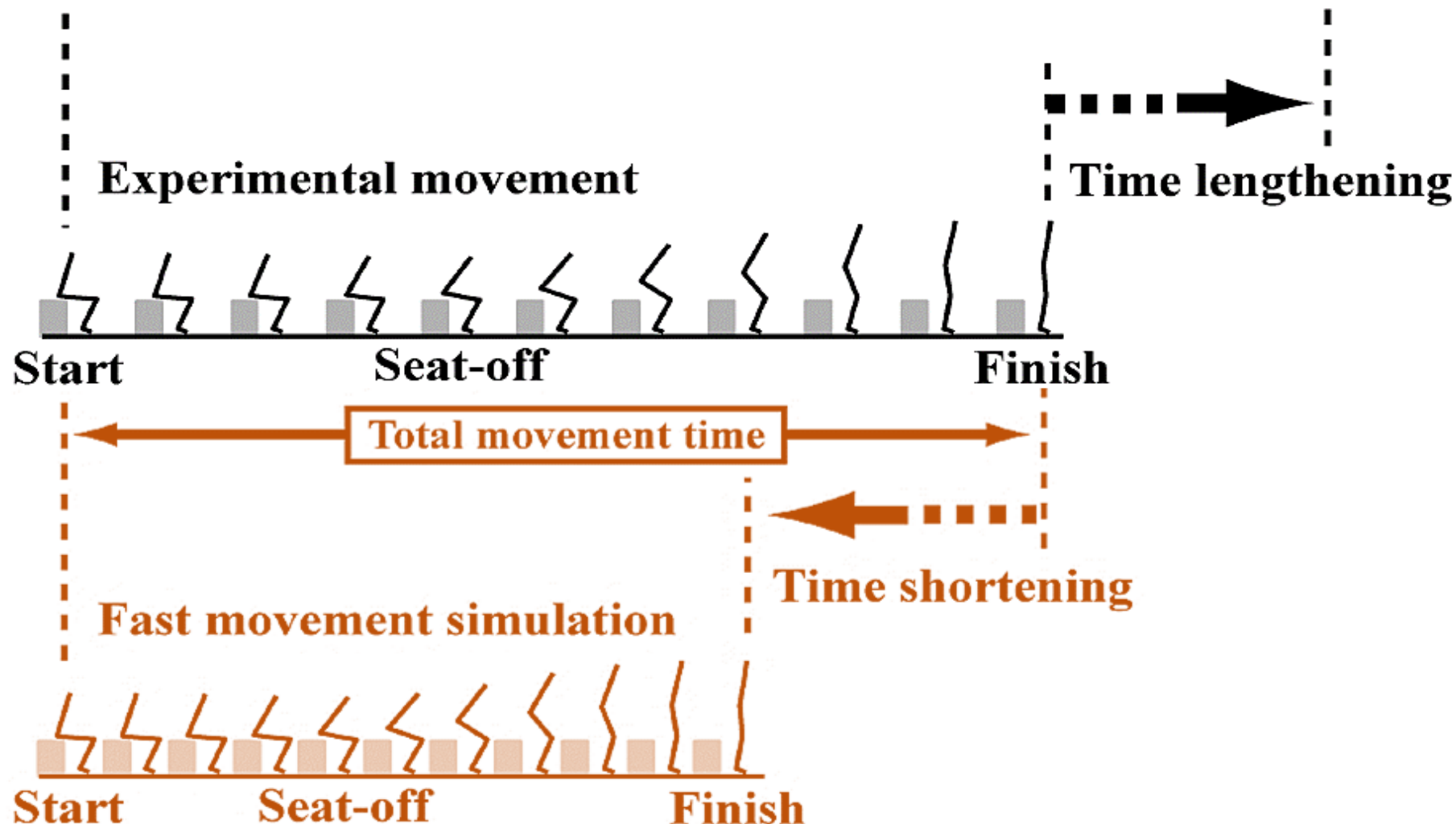
Slow movement simulation



Momentum Transfer Strategy

Yoshioka S et al : The minimum required muscle force for a sit-to-stand task, J Biomech. 2012 Feb 23;45(4):699-705

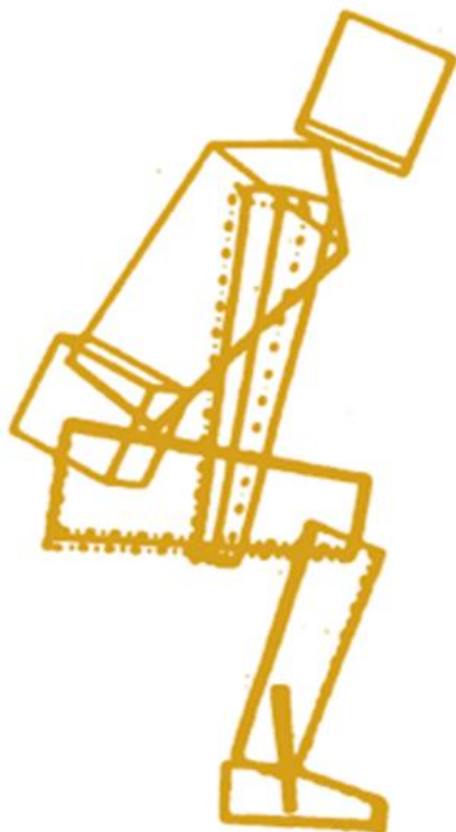
- ✓ 股関節屈曲による体幹前傾は安定戦略と同様だが、速度は速く、角度は小さくなる
- ✓ 前傾速度を増加させることでCOMの前方加速度を大きくし、両足底にCOM移行する前にLift Offして立ち上がる
- ✓ 体幹前傾が少ないため、腰部伸展・股関節伸展モーメントは減少し、膝関節伸展モーメントは増加する



Phase① : Weight Shift (重心移動相)

Khemlani MM et al : Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1999 May;14(4):236-46

- ✓ 体幹前傾の開始から膝関節伸展が開始されるまでの区間で、動作全体の約27%を占める
- ✓ 下肢の位置関係、特に足部と膝関節の位置関係が重要であり、膝関節90°以上の屈曲位と比較して膝関節90°屈曲位での立ち上がりでは、前方へのCOM移動量や速度の増加、TAの活動開始の遅延、単関節筋中心の連結が強くなる



①COMの前方偏位

腸腰筋による骨盤前傾に伴う体幹屈曲&TAによる下腿前傾

②COPの後方移動

COM前方偏位&大殿筋による坐骨結節の相対的な後方への位置

③COMの高さKeep

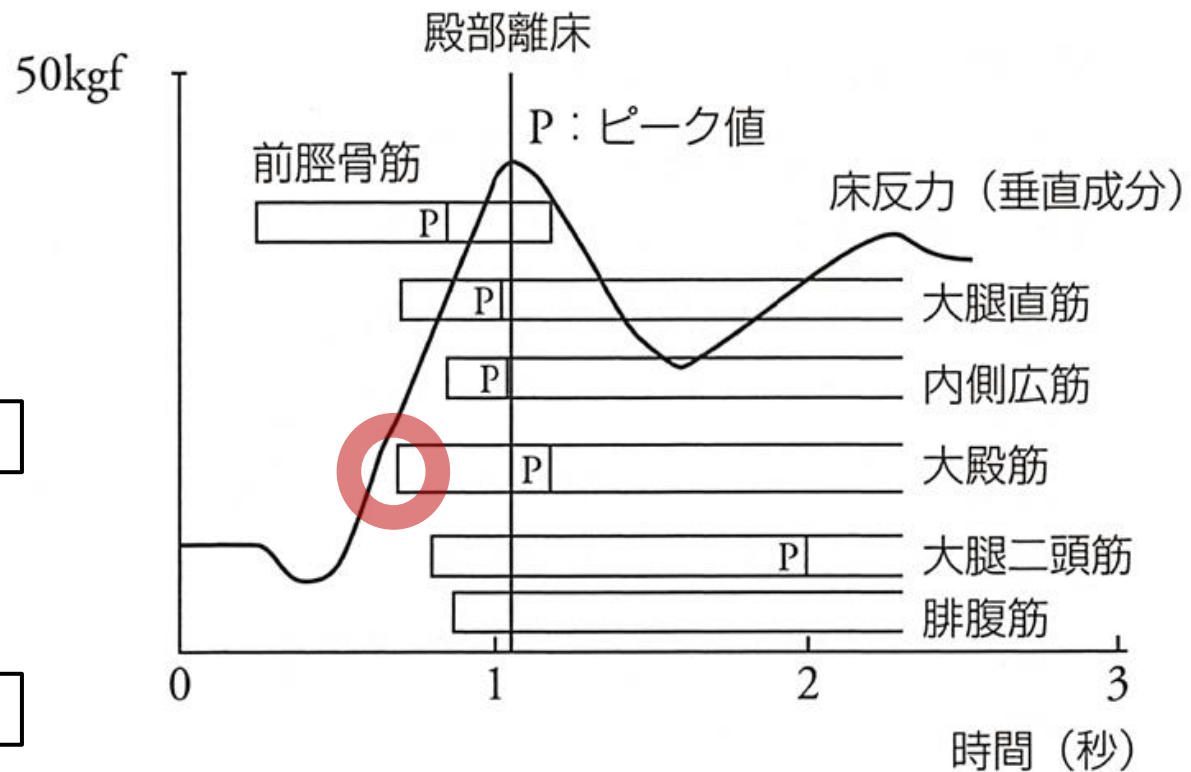
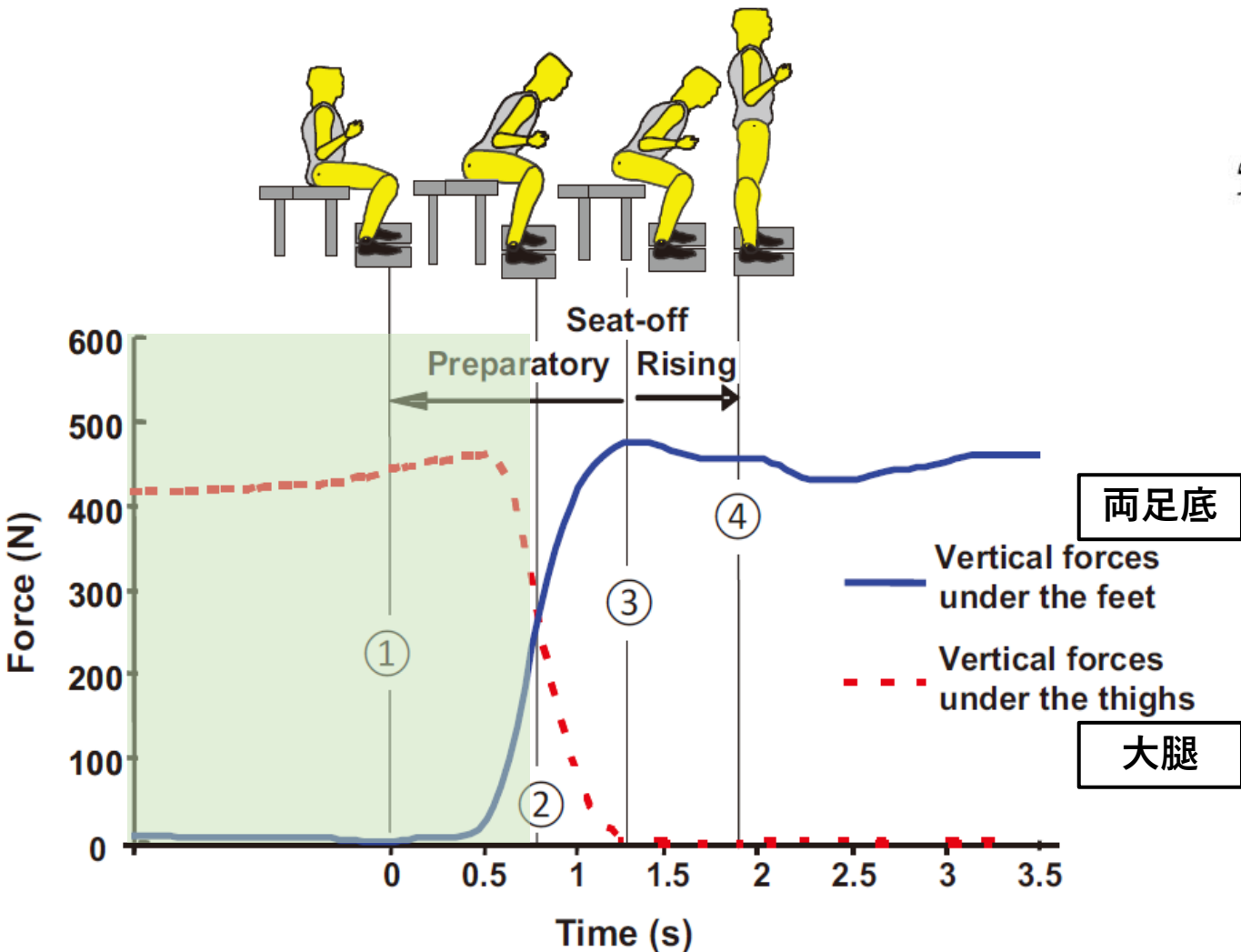
諸関節の協調的な筋活動に伴う機能的な前方偏位のKeep

Phase② : Transferへ

COPとしての殿部/大腿部の重要性

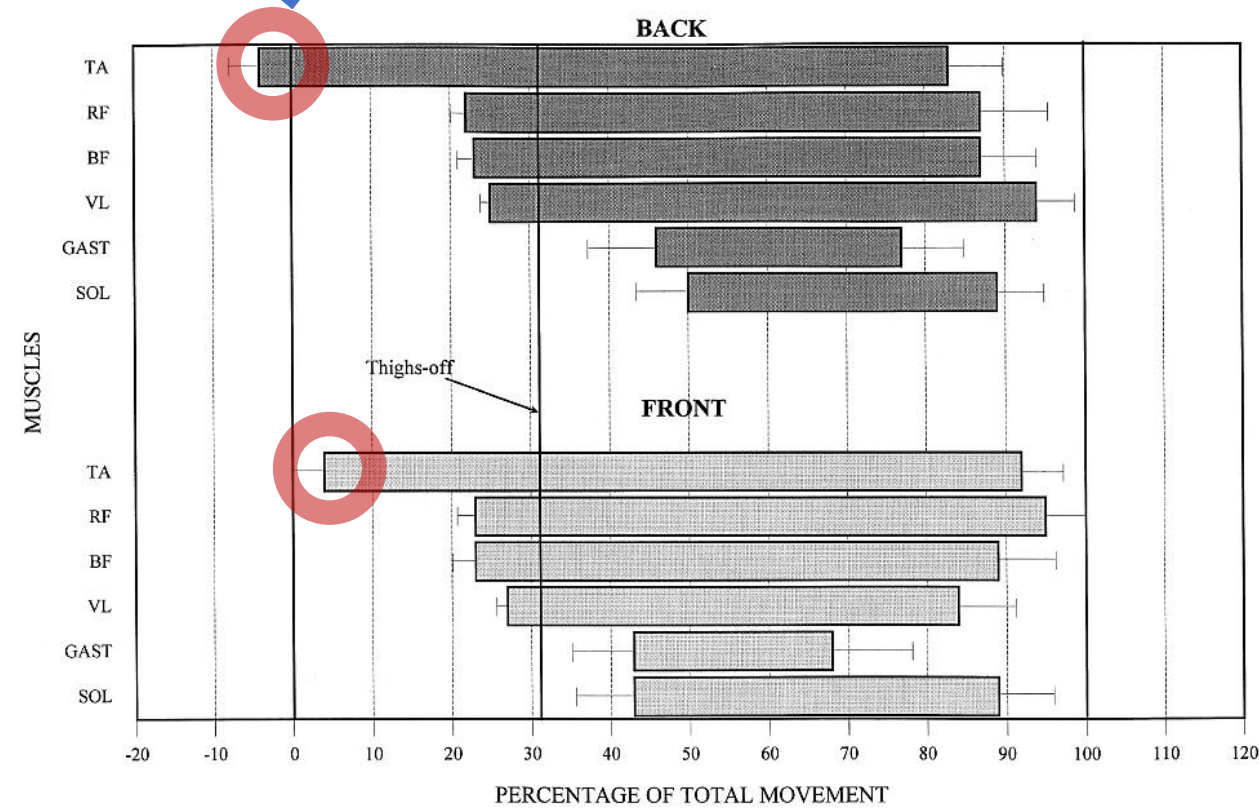
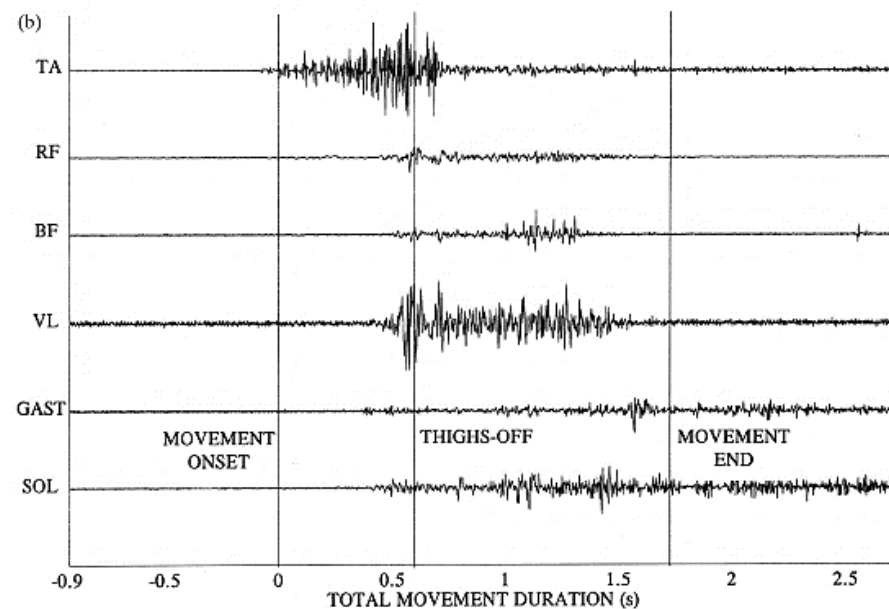
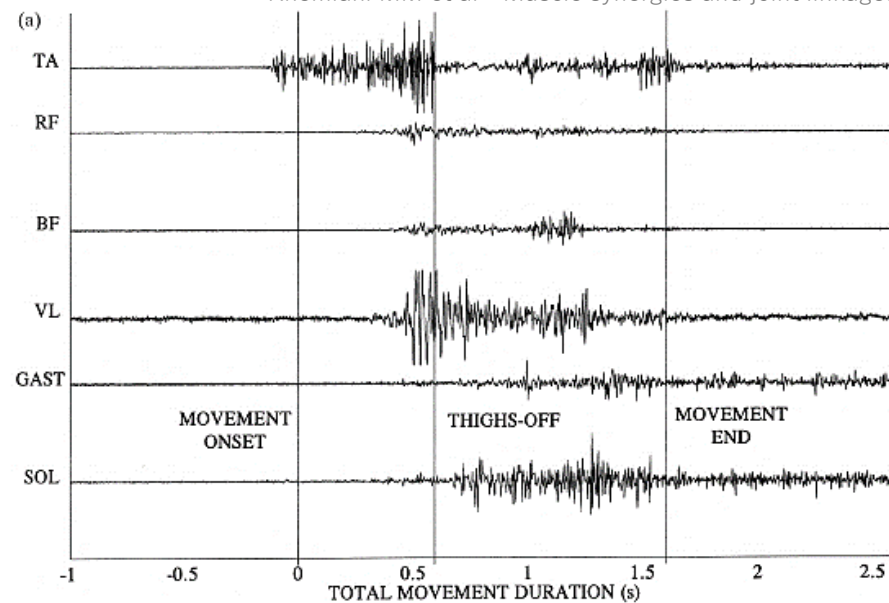
Boukadida A et al : Determinants of sit-to-stand tasks in individuals with hemiparesis post stroke: A review, Ann Phys Rehabil Med. 2015 Jun;58(3):167-72

- ✓ Weight Shift時における主たる床反力生成は、大腿部のBOSにある
- ✓ 大殿筋は、過剰な前方へのトルクに制御をかけながらコントロールし、不適切なCOM・COPの偏位を防いでいる
- ✓ このコントロールによってTransfer時における機能的な抗重力伸展へと移行していくことが可能になる



経時的筋活動からみる

Khemlani MM et al : Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1999 May;14(4):236-46

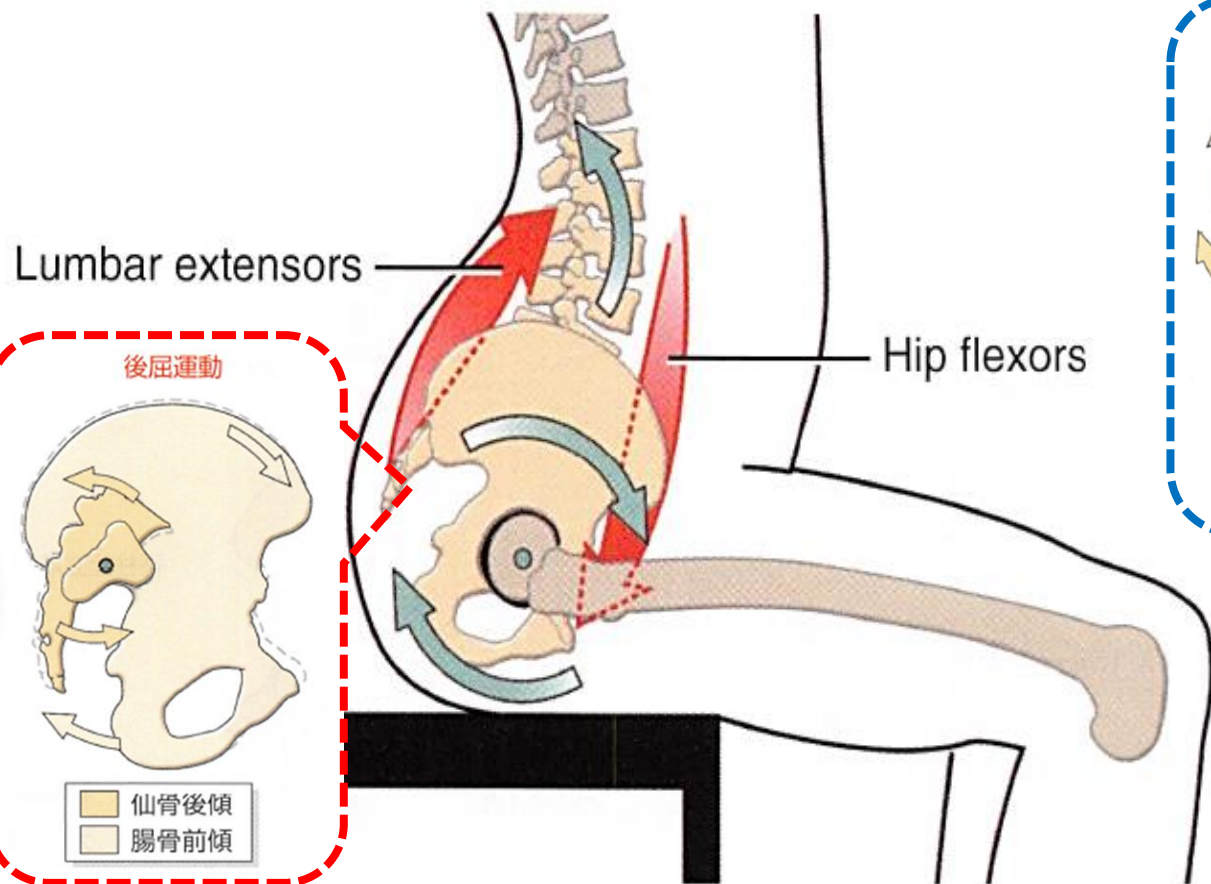


トルクを制御する筋群の重要性

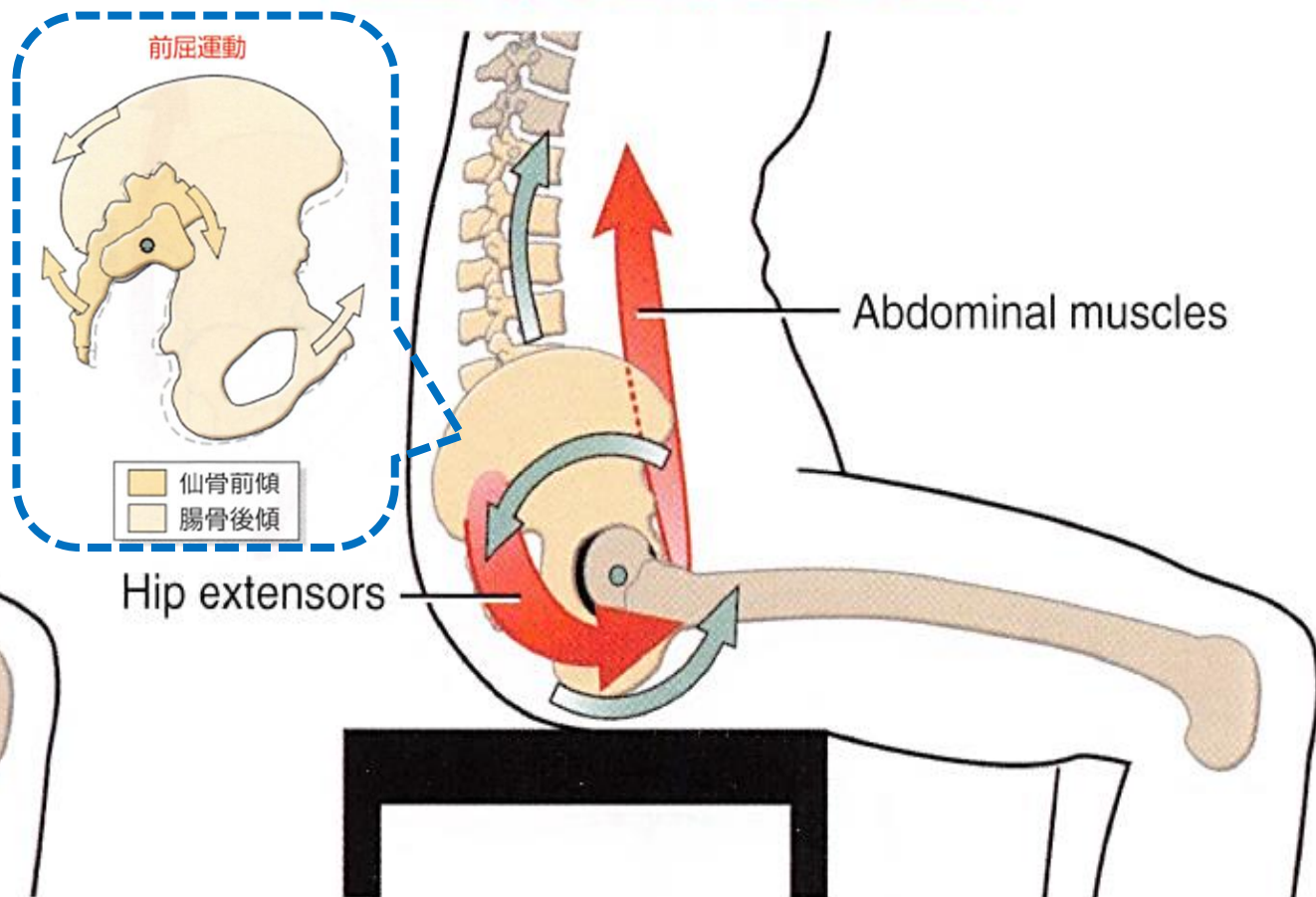
Donald A. Neumann et al : Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation, 2edition : Mosby. 2009

- ✓ 体重を前方へ移行(Weight Shift)していくには, Hip Flexor&TAの前方推進能力は絶対的に要求される
- ✓ しかし, 効率的なTransferへ移行するには坐骨を支点としたCOPと抗重力を保持したCOMの活動が必要になる
- ✓ そのためには, 前方へのトルクをつくりだす筋活動だけでなく, トルクをコントロールする筋群の活動も必須
- ✓ 坐骨を軸とした運動から股関節を軸とする運動へと切り替わる

Anterior pelvic tilt with lumbar extension



Posterior pelvic tilt with lumbar flexion



Phase② : Transfer (転換相)

Khemlani MM et al : Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1999 May;14(4):236-46

- ✓ 膝関節の伸展が始まり，体幹が前傾位から伸展運動に切り替わるまでの間＝離殿をさし，動作全体の約9%
- ✓ 前脛骨筋はこのPhaseでも重要な役割を果たし，機能的なLiftingへの移行を促通することができる



①COM上昇&前方偏位

TA, RF/VM/VL, GM/BF, CORE/ESの協調的筋活動

②COPの前方移動

TA, RF/VM/VL, GM/BF, CORE/ESの協調的筋活動

③足底へのBOS移動

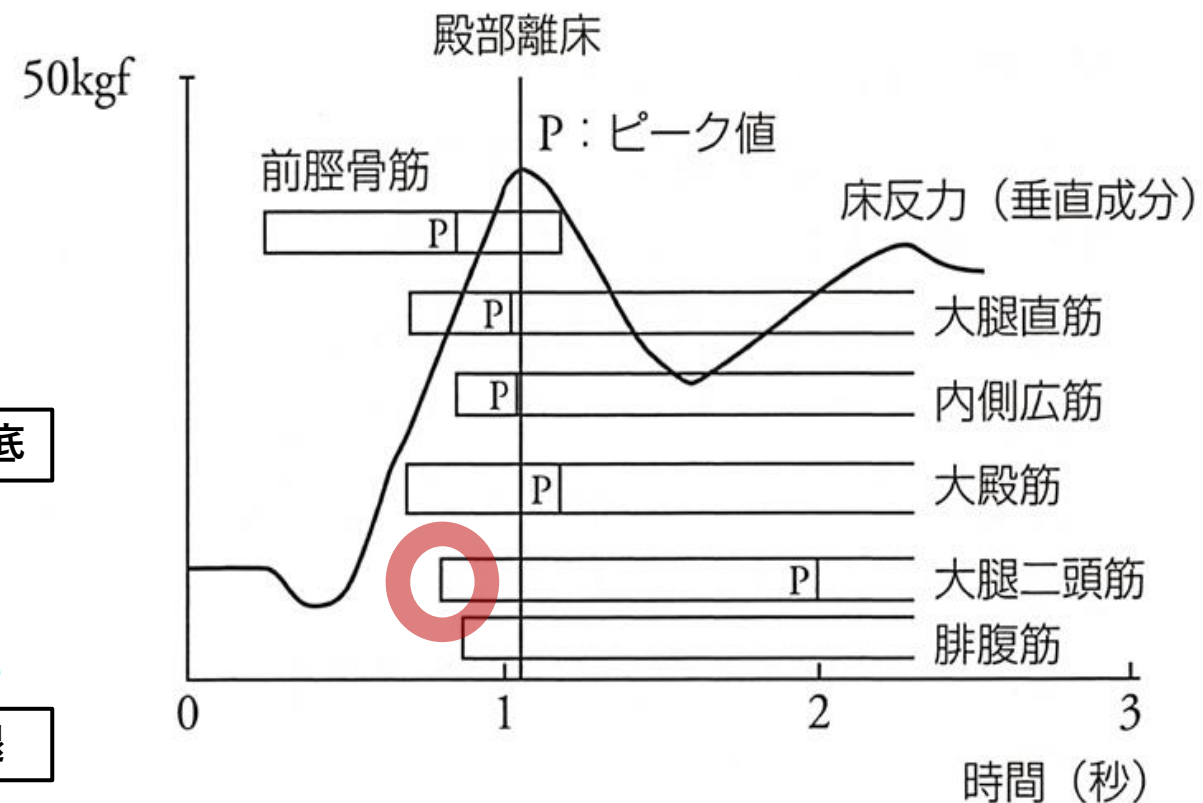
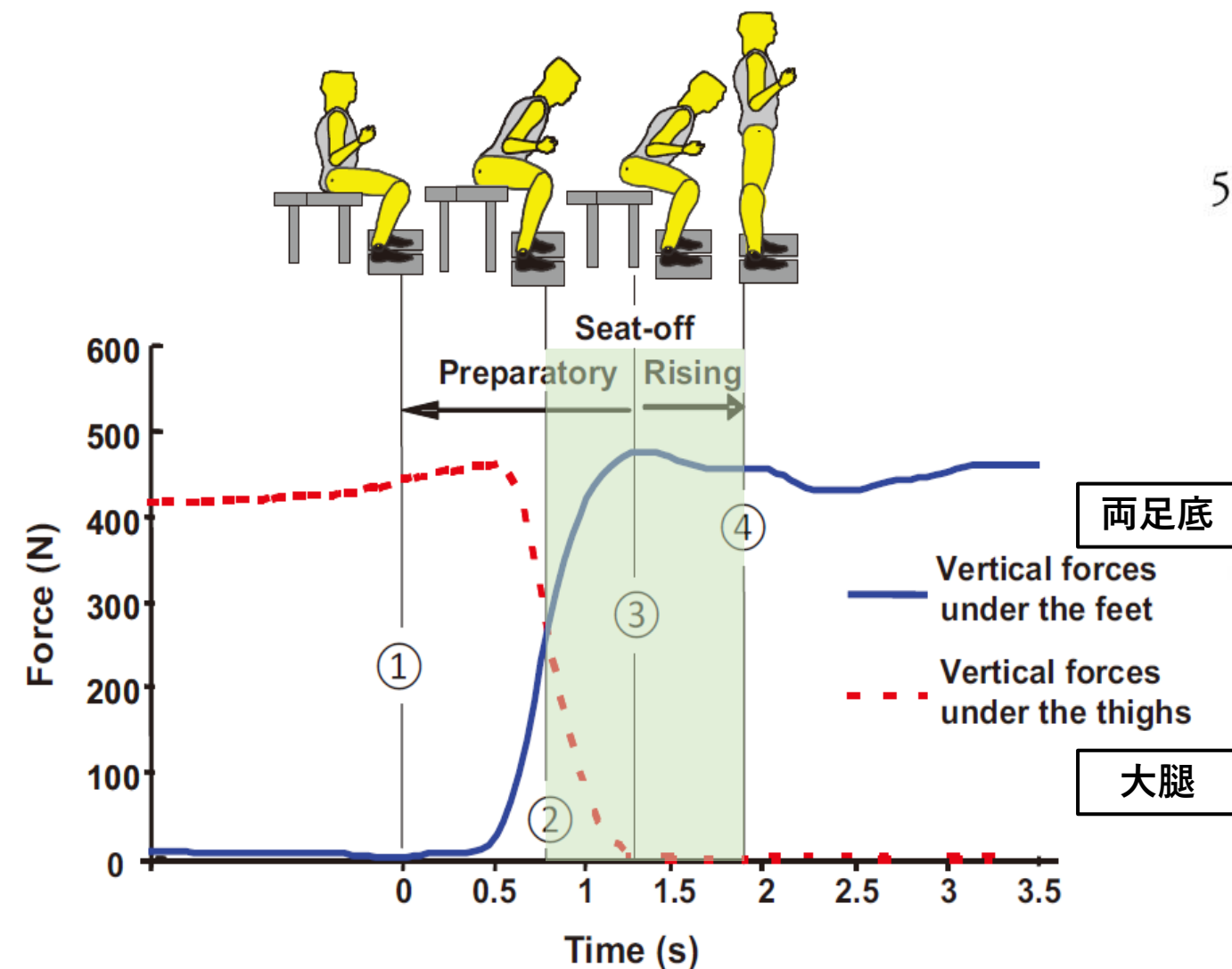
TA, RF/VM/VL, GM/BF, CORE/ESの協調的筋活動

Phase③ : Liftingへ

床反力源の移行（殿部/大腿部⇒足底へ）

Boukadida A et al : Determinants of sit-to-stand tasks in individuals with hemiparesis post stroke: A review, Ann Phys Rehabil Med. 2015 Jun;58(3):167-72

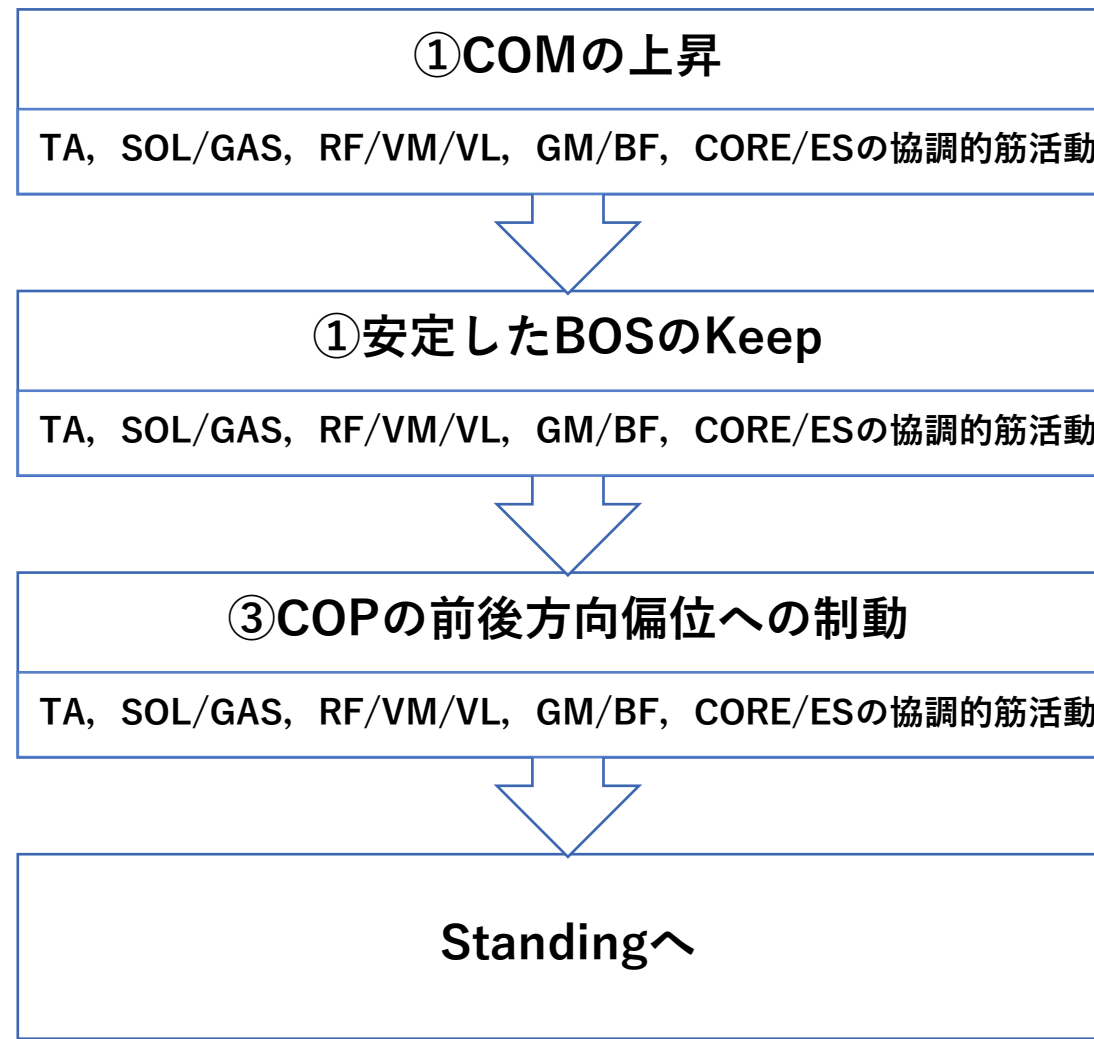
- ✓ Weight Shiftにおける大殿筋を中心とした前方トルク制御に伴う，大腿部/殿部のBOS/COPから足底へと移行していき，前脛骨筋と大腿二頭筋・大腿直筋による協調的な筋活動によって抗重力伸展へと繋げていく



Phase③ : Lifting (伸展相)

Khemlani MM et al : Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1999 May;14(4):236-46

- ✓ 体幹伸展が始まってから体幹と下肢関節の伸展が終了する間をさし、動作全体の約65%
- ✓ 両足底で構成されたBOSから逸脱せずにCOMは上方へ移動し、COPは前後方向に偏位する

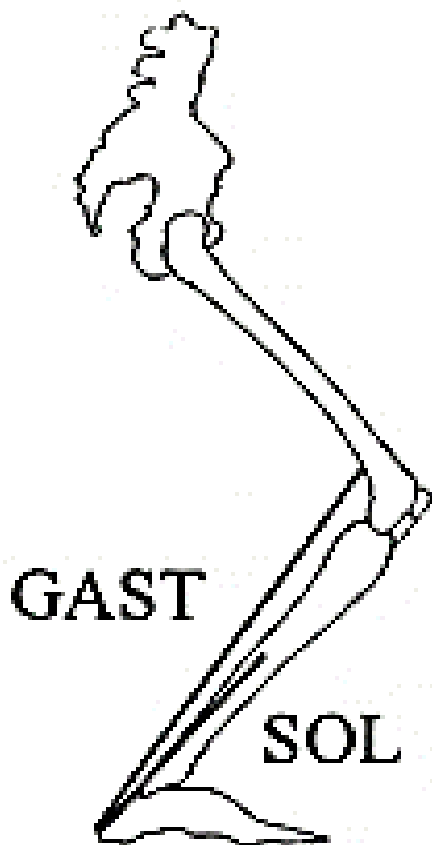


足部位置による筋活動連鎖の比較

Khemlani MM et al : Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1999 May;14(4):236-46

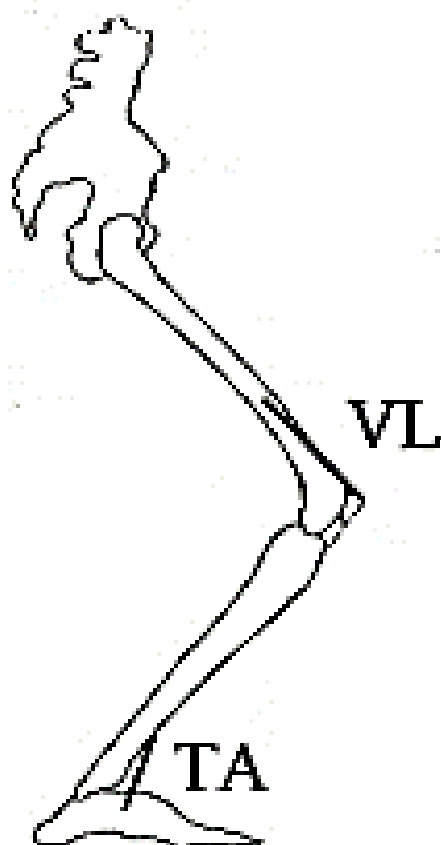
- ✓ Liftingで最も顕著に筋活動を要求されるのは、GAS/SOLのReverse Actionによる大腿骨の後方への牽引である
- ✓ GAS/SOLが単独で活動してしまうと後方へCOMが偏移し、バランスを崩す可能性があるためTAによる遠心性の収縮を伴いながら立位へと移行していく

FOOT BACK



Ankle
Level

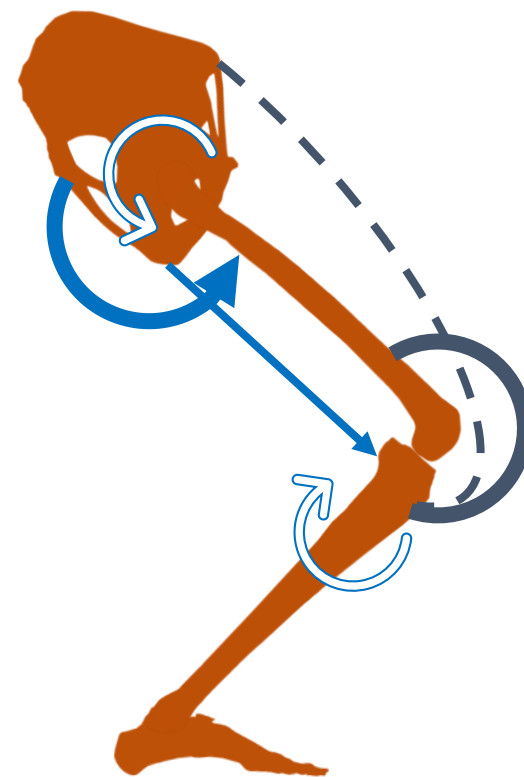
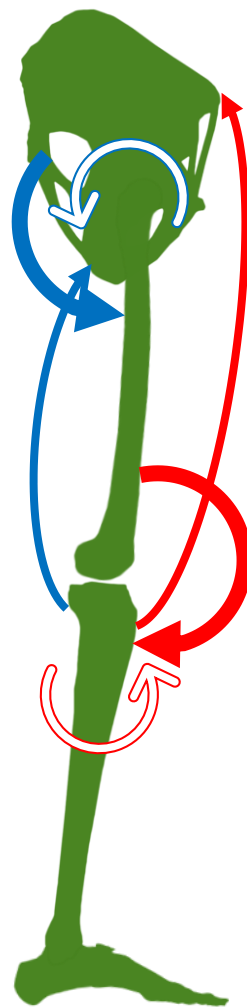
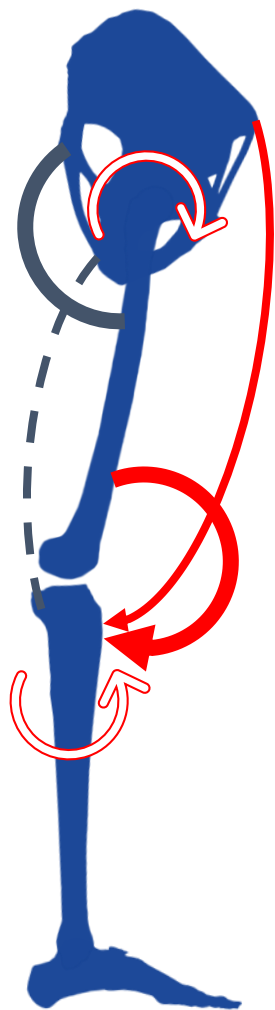
FOOT FRONT



動作に要求される筋骨格系の原則

Lombard M.D et al : The Action of Two-Joint Muscles, American Physical Education Review, Volume 8, 1903

- ✓ ある条件下にて通常は1関節に対して屈曲作用をもつ二関節筋が、その関節の伸展に作用することができるもの
- ✓ 立ち上がり際には、大腿直筋とハムストリングスが同時収縮することで膝伸展と股伸展が生じる
- ✓ これは関節モーメントの差に起因しており、Lombard's Paradoxと呼ばれ、諸動作における協調的筋活動に必須



要求される協調的筋活動：①Weight Shift

Prilutsky BI et al : Tendon action of two-joint muscles: transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running. J Biomech. 1994 Jan;27(1):25-34

遠心性コントロール

ES

体幹伸展

RA

体幹屈曲

体幹屈曲

遠心性コントロール

HAM

股J伸展

IP

骨盤前傾

股関節屈曲

骨盤の安定化
※股伸展に作用

GM

骨盤後傾

RF

股J屈曲

遠心性コントロール

遠心性コントロール

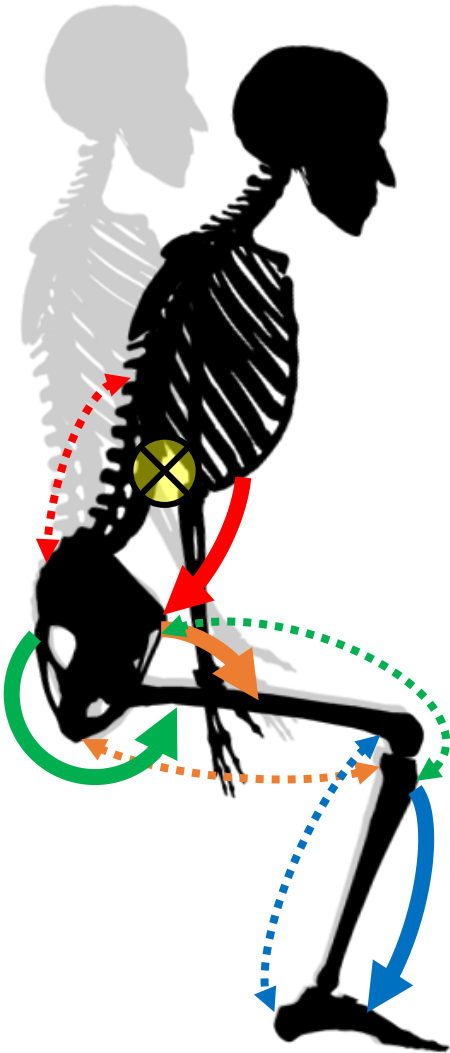
GAS

大腿後牽引

TA

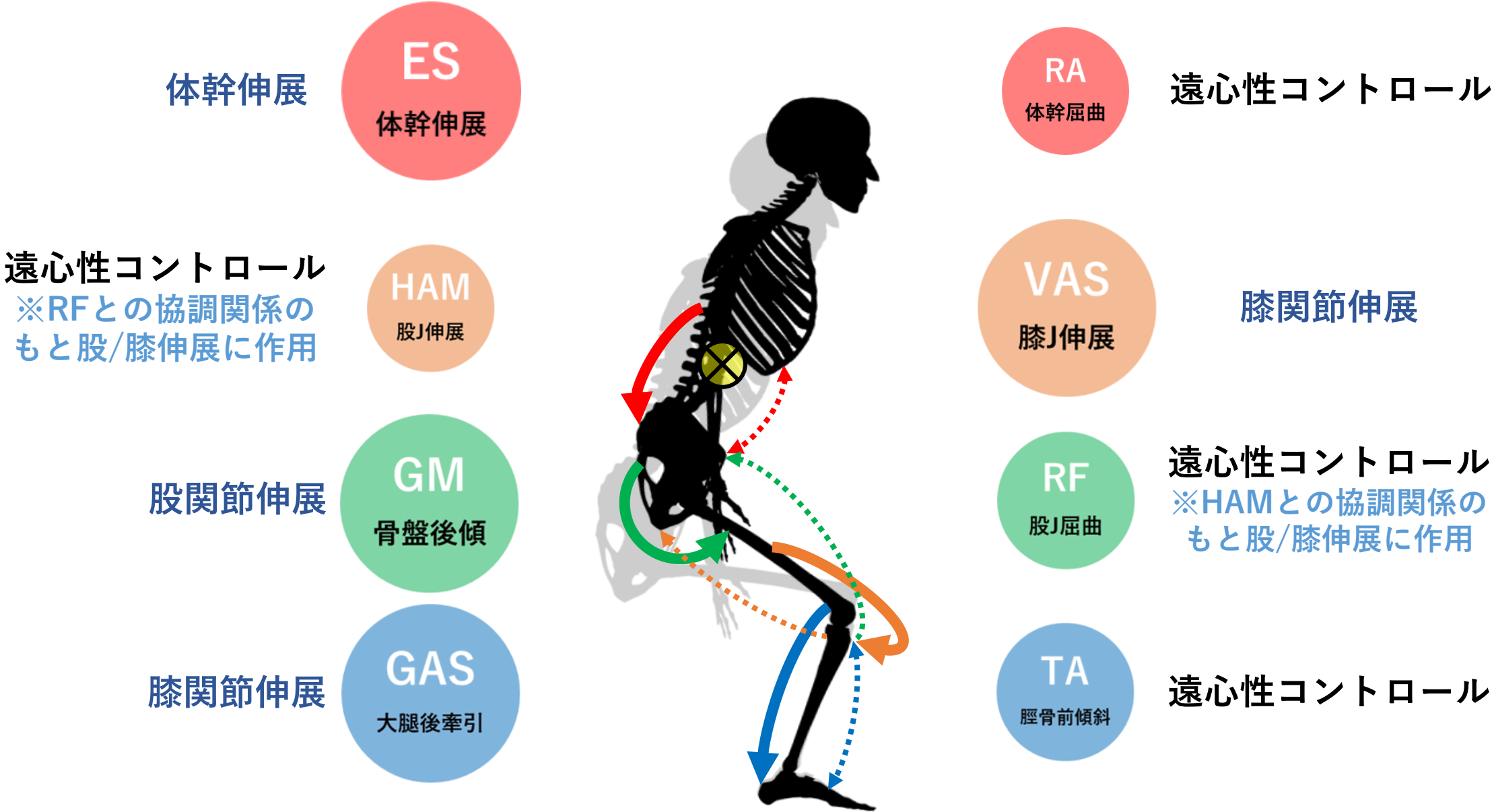
脛骨前傾斜

膝関節屈曲



要求される協調的筋活動：②Transfer

Prilutsky BI et al : Tendon action of two-joint muscles: transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running. J Biomech. 1994 Jan;27(1):25-34



要求される協調的筋活動：③Lifting

Prilutsky BI et al : Tendon action of two-joint muscles: transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running. J Biomech. 1994 Jan;27(1):25-34

