

積極的な離床および 運動負荷の意義と重要性

その生理学的機序

和歌山県立医科大学 リハビリテーション医学
那智勝浦町立温泉病院 リハビリテーション科

幸田 剣

和歌山医大病院における リハビリテーション科の役割

- ・徹底した急性期リハビリテーション
- ・重症患者に対するリハビリテーション
- ・障害者のかかりつけ医

急性期リハビリの エビデンス

急性期リハビリテーション

・ICUで人工呼吸器管理中の患者に早期からPT、OTを行うことで、人工呼吸器を外している時間が長くなり、せん妄の期間を短縮し、退院時の身体能力・ADLは良好

William DS et al.
Lancet 373: 1874-1882, 2009

・ICU管理の重症患者に早期からサイクルエルゴメーターを用いて他動あるいは自動運動トレーニングを行うことで、退院時の運動能力の回復や大腿四頭筋筋力を高めた。

Chris B et al.
Crit Care Med 37(9): 2499-2505, 2009

Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: 退院時のADL・歩行機能向上

William D Schwickert, Mark C Pohman, Anne S Pohman, Celerina Nigos, Al Mietka Franczyk, Deanna Deprija, Gregory A Schmidt, Amy Bowman, Rhonda

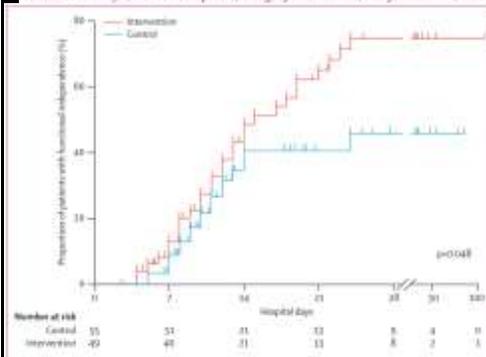


Figure 2: Probability of return to independent functional status in intervention and control groups

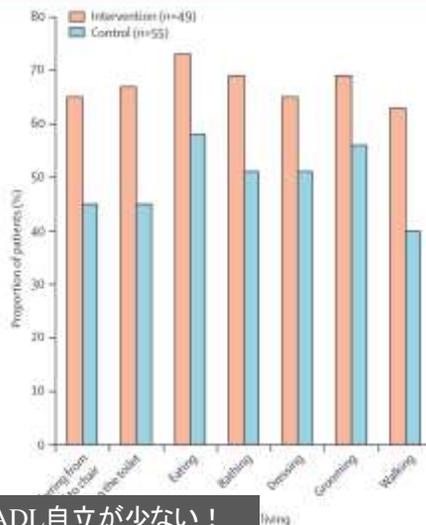


Figure 3: Proportion of patients able to perform activities of daily living and to walk independently at hospital discharge

早期運動療法なしでは2週間目以降からのADL自立が少ない！

William DS et al. Lancet 2009

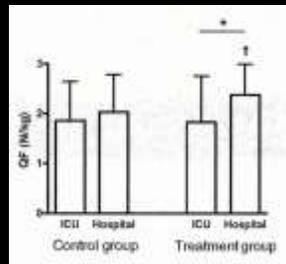
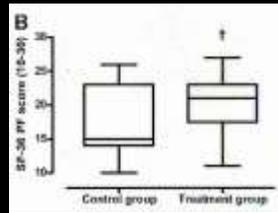
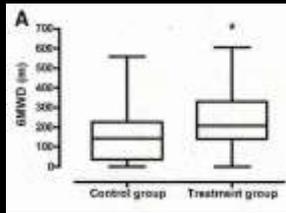
急性期リハビリテーション

・ICUで人工呼吸器管理中の患者に早期からPT、OTを行うことで、人工呼吸器を外している時間が長くなり、せん妄の期間を短縮し、退院時の身体能力・ADLは良好

William DS et al.
Lancet 373: 1874-1882, 2009

・ICU管理の重症患者に早期からサイクルエルゴメーターを用いて他動あるいは自動運動トレーニングを行うことで、退院時の運動能力の回復や大腿四頭筋筋力を高めた。

Chris B et al.
Crit Care Med 37(9): 2499-2505, 2009



Chris B et al.
Crit Care Med 37(9): 2499-2505, 2009

脳血管障害の急性期リハ

- ・急性期の脳卒中治療ガイドラインで推奨。

Adams HJ et al: Stroke, 2003

Australia: National Stroke Foundation, 2003

- ・発症から24時間以内に坐位や立位訓練を開始した群が12ヶ月後の予後が良い。入院日数を短縮した。自立歩行までに要する日数を短縮した。

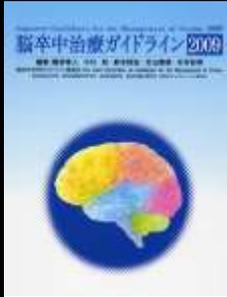
A very early rehabilitation trial for stroke (A VERT)

Bernhardt J et al: Stroke, 2008

Sorbello D et al: Cerebrovasc Dis, 2009

Toby BC et al: Stroke, 2011

脳血管障害の急性期リハ



推奨

1. 廃用症候群を予防し、早期のADL向上と社会復帰を図るために、十分なリスク管理のもとにできるだけ発症後早期から積極的なリハビリテーションを行うことが強く勧められる(グレードA)。その内容には、早期座位・立位、装具を用いた早期歩行訓練、摂食・嚥下訓練、セルフケア訓練などが含まれる。
2. 脳卒中ユニット、脳卒中リハビリテーションユニットなどの組織化された場で、リハビリテーションチームによる集中的なリハビリテーションを行い、早期の退院に向けた積極的な指導を行うことが強く勧められる(グレードA)。
3. 急性期リハビリテーションにおいては、高血糖、低栄養、痙攣発作、中枢性高体温、深部静脈血栓症、血圧の変動、不整脈、心不全、誤嚥、麻痺側の無菌性関節炎、褥瘡、消化管出血、尿路感染症などの合併症に注意することが勧められる(グレードB)。

和歌山医大病院における 徹底した急性期リハビリ

発症当日の脳出血患者の早期離床

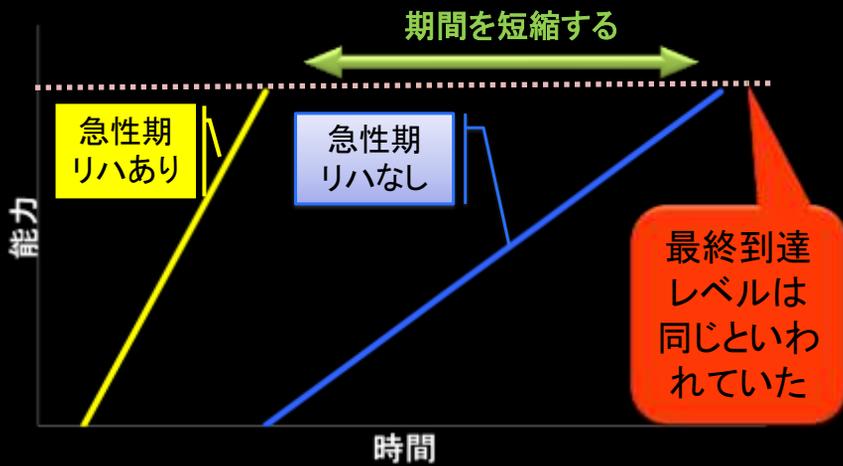


和歌山医大病院における 徹底した急性期リハビリ

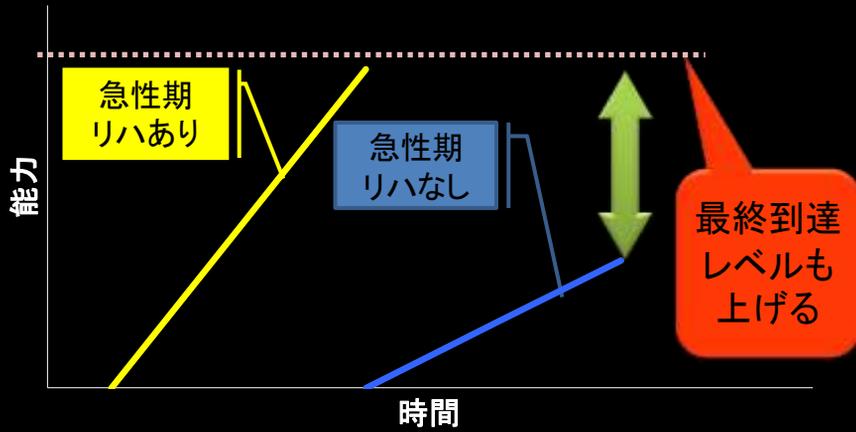
早期離床と運動



急性期リハを行った場合の効果概念図



最近の研究結果概念図



急性期リハは「廃用の予防」というより、むしろ患者さんを良くするために行う！

リハビリテーションの治療手段

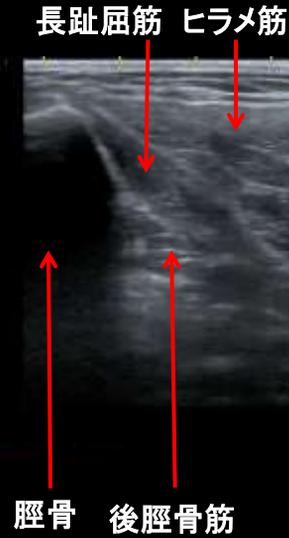
義肢装具療法



内側股継手付き両側長下肢装具

リハビリテーションの治療手段

ボトックス注射



ボトックス注射前



- ・下腿三頭筋の痙縮が強い。
- ・後脛骨筋および前脛骨筋の痙縮が目立つ。
- ・長下肢装具を作製しても矯正は難しい。
- ・下肢痙縮の治療を行った上で訓練が必要である。

立位

・ボトックス注射後3ヶ月で必ず元に戻ってしまうわけではない。

・ボトックス注射後の期間の過ごし方が重要である。



1回目のボトックス注射前



2回目のボトックス注射前
(1回目の施注から11週後)

2回目のボトックス注射4週後



リハビリテーションの治療手段

手術療法

アキレス腱延長術、後脛骨筋腱移行術、
足趾屈筋腱切離術

術前



術後



手術から半年後

- ・屋内用の短下肢装具を作製し、自宅退院。
- ・屋内ではトイレ歩行が可能。
- ・短距離であれば、屋内用の短下肢装具装着で外出している。



立ち上がり



屋内用短下肢装具で立位

患者の権利？

患者：リハビリを休みたい。

看護師：分かりました。伝えます。

この対応は、○？×？

患者の権利？

患者：明日の手術をやめたい。

看護師：分かりました。伝えます。

この対応は、○？×？

患者の権利(自己決定権)

・判断能力のある成人患者はいかなる診断手続あるいは治療であれ、それを受けを承諾あるいは拒否する権利を有する。

・いずれの検査や治療についても、その目的、もたらされる結果、拒否した場合に予測される事態を患者が明確に理解できるよう配慮されるべきである。

安静と臥床

安静: 無動・不動あるいは低活動である状態

+

臥床: 重力負荷がなくなった状態

||

廃用症候群

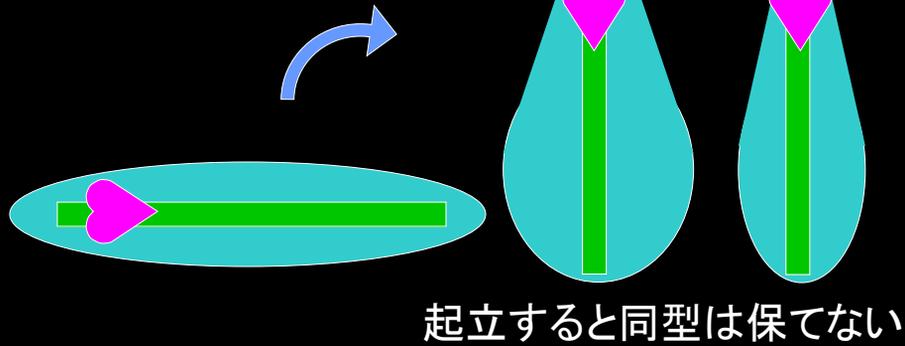
患者さんをよくする

~~廃用を排除することがわれわれの責務~~

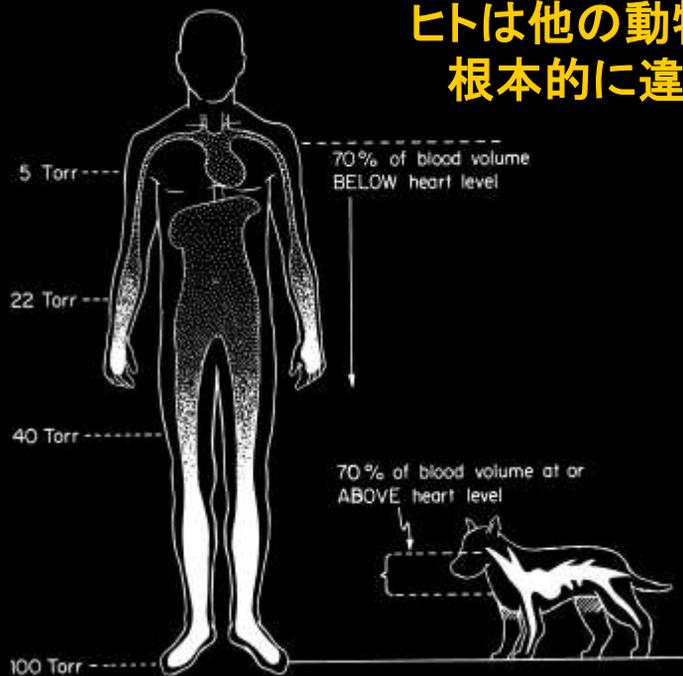
↑
早期からの長時間・高負荷の運動

我々の体はガラス管ではなく ゴム管です

姿勢変換は
重力との戦い



ヒトは他の動物と 根本的に違う



Head-up tilt 時の人体における 生理的応答

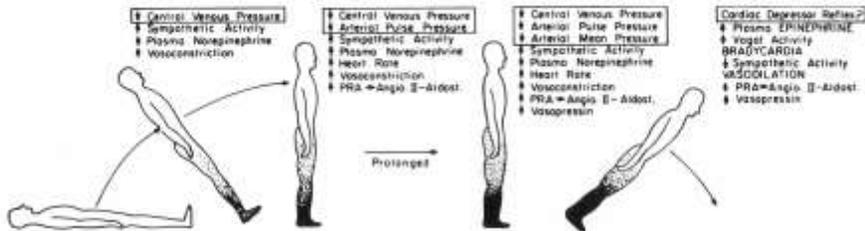


Figure 4-1 Summary of neural and humoral responses to increasing angle of head-up tilt (held for several minutes) and prolongation of tilt at 90° (for 20 to 30 minutes) until regulation of blood pressure fails and syncope occurs. Variables in boxes show stimuli at each stage until the last (syncope). Cause of putative cardiac depressor reflex in this setting is unknown. Note effect of changes in arterial pulse and mean pressure on hormonal responses. (Adapted from Rowell, 1986.)

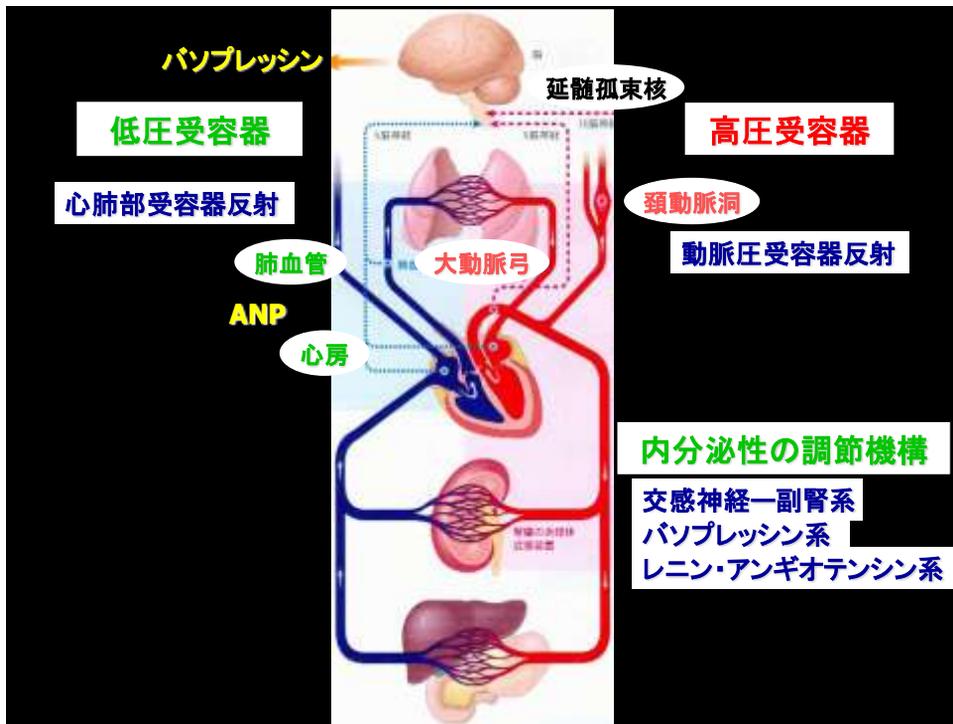
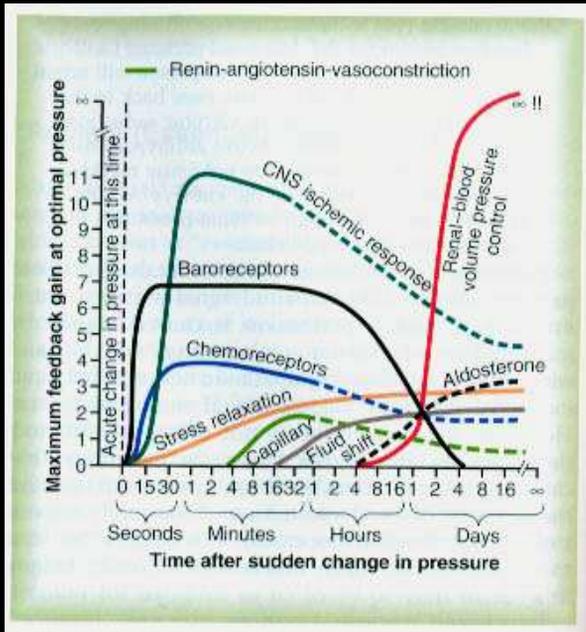
(Rowell L.B. : Human Cardiovascular Control より)

血圧変動の生理学

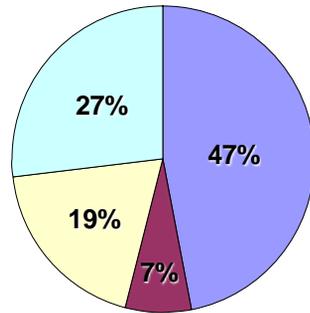
血圧変動を打ち消そうとする
血圧調節の生理学的メカニズム

- ① 神経性の調節機構
- ② 内分泌性の調節機構
- ③ 腎体液調節系による長期的な調節機構

血圧変化に対する生理的反応



血管抵抗の分布

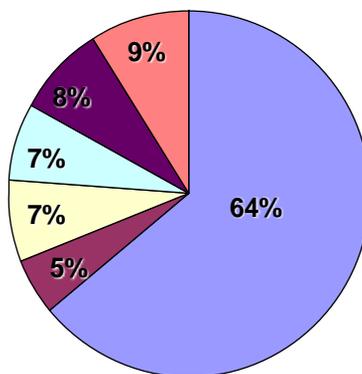


大動脈: 弾性血管
 中動脈: 筋性血管
 小・細動脈: 抵抗血管
 毛細血管: 交換血管
 静脈: 容量血管

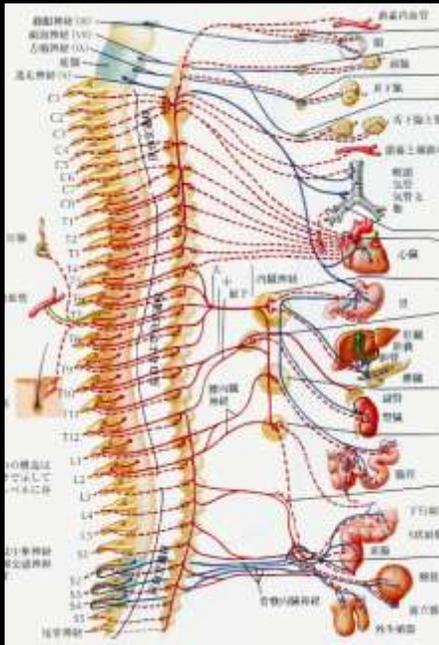
■ 小動脈と細動脈 ■ 静脈 ■ 大動脈、中動脈 ■ 毛細血管

- ・血管抵抗を決める最大の要因は血管の半径
 小動脈と細動脈、毛細血管の抵抗が最も大きい
- ・平滑筋を持つ小動脈や細動脈の状態に依存

血管容積の分布



■ 静脈 ■ 毛細血管 ■ 拡張時の心臓
 ■ 大動脈、中動脈 ■ 小動脈と細動脈 ■ 肺



自律神経系

・交感神経系

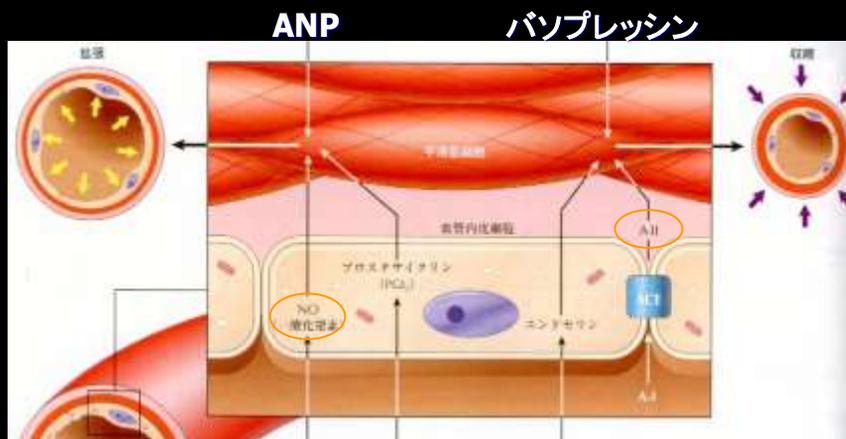
fight and flight

- 瞳孔散大
- 心拍数↑ 血圧↑
- 気管支拡張
- 消化管活動抑制
- 内臓血管収縮
- 皮膚血管収縮
- 血糖上昇

・副交感神経系

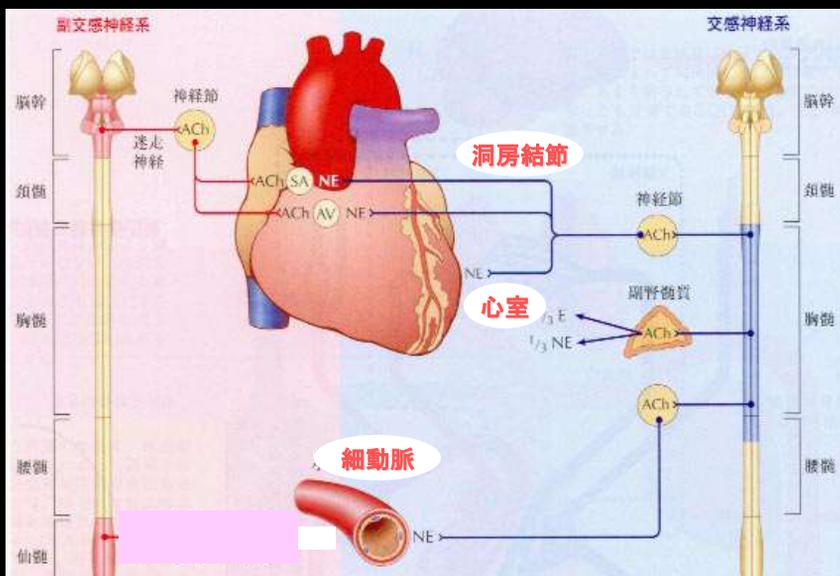
消化や恒常性維持の機能

細動脈の緊張の制御



交感神経の自発性活動

血圧変化に対する短期的な生理的応答



圧受容器反射

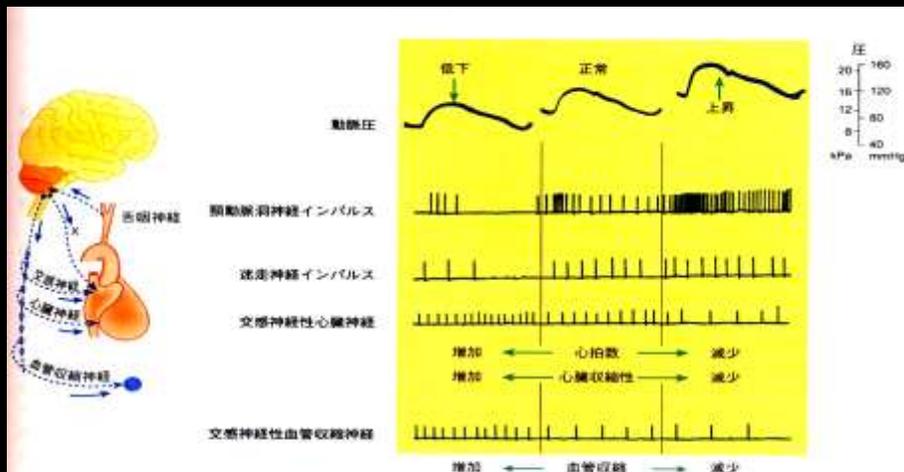
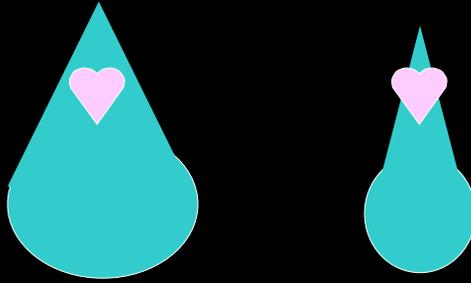


図 15.31 動脈血圧変動により生じる単一線維より記録した各種神経発火状態の変化。基本的な神経経路の構成を左側に示す。右側は上段は、低、正常、高動脈血圧時における動脈圧を示す。その下には、圧受容器からの求心性神経である頸動脈洞神経の発火状態、心臓迷走神経の発火状態、交感神経性心臓神経の発火状態、交感神経性血管収縮神経の発火状態を示す。低動脈血圧時には、迷走神経は抑制され交感神経活動が増大し心拍数の増加と血管収縮が起る。高動脈血圧時には、迷走神経活動が増加し交感神経活動が抑制され心拍数が低下し血管が拡張する。

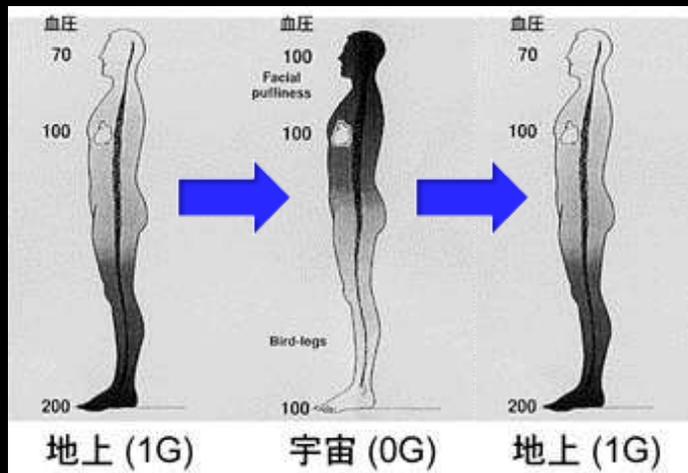
臥床が続くと体液量が減るので、
起立した時、心臓に戻る血液が減り、
低血圧になりやすくなります。



坐位・起立は非常に重要です。



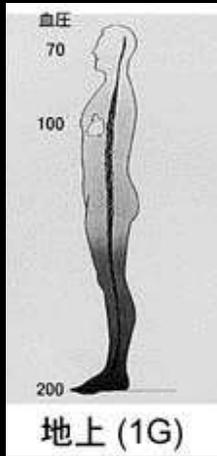
宇宙飛行による循環動態の変化



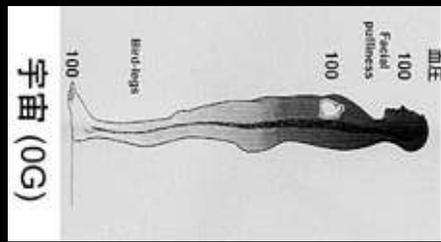
安静臥床は心機能の低下をも引き起こす



宇宙環境(無重力状態)とベッド上臥床状態



立位



臥位

Bed restの影響

- 骨密度低下
- 心肺能力・筋力・巧緻性の低下
- 精神機能低下
- 血管コンプライアンスの低下
- 内分泌・自律神経応答不良
- 体液量・循環血液量低下

いずれも運動と起立で防げます。

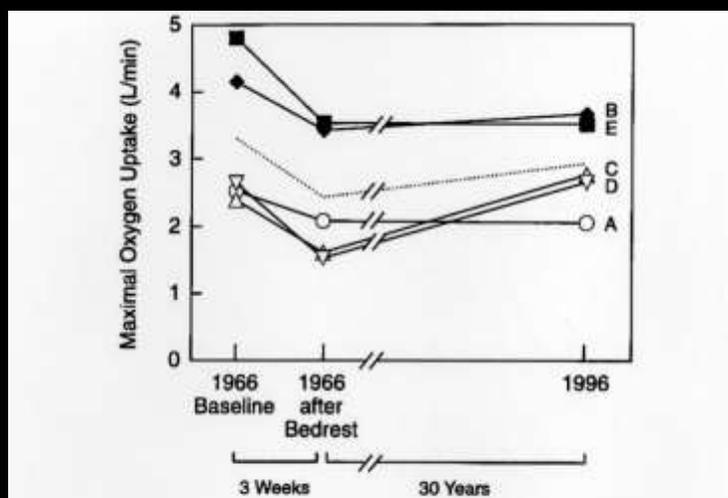
The Dallas Bed Rest and Training Study, 1966



A 30-year follow-up of the Dallas bed rest and training study, 1996



最大酸素摂取量の結果



3週間ベッドレスト VS 30年間の加齢変化

廃用症候群

(動かないことで引き起こされる様々な症候)

筋骨格系	筋萎縮、関節拘縮、骨萎縮
呼吸器系	換気障害、肺活量低下、肺炎
心循環系	心予備能低下、起立性低血圧 血栓性静脈炎
泌尿器系	尿路結石、尿路感染、失禁
消化器系	便秘、食欲不振
神経系	ぼけ、うつ状態、知的機能低下
その他	褥瘡



下肢廃用性筋萎縮



関節拘縮



便秘から
麻痺性
イレウス
(腸閉塞)



褥瘡

起立性低血圧

- ・直立姿勢をとった直後の過度の血圧の低下。
(20/10mmHg以上)
- ・特定の疾患ではなく、種々の原因によって生じる血圧調節異常。

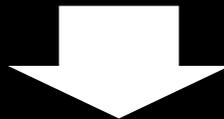
起立耐性低下の原因

①循環血液量

②圧受容器反射の感受性

①循環血液量

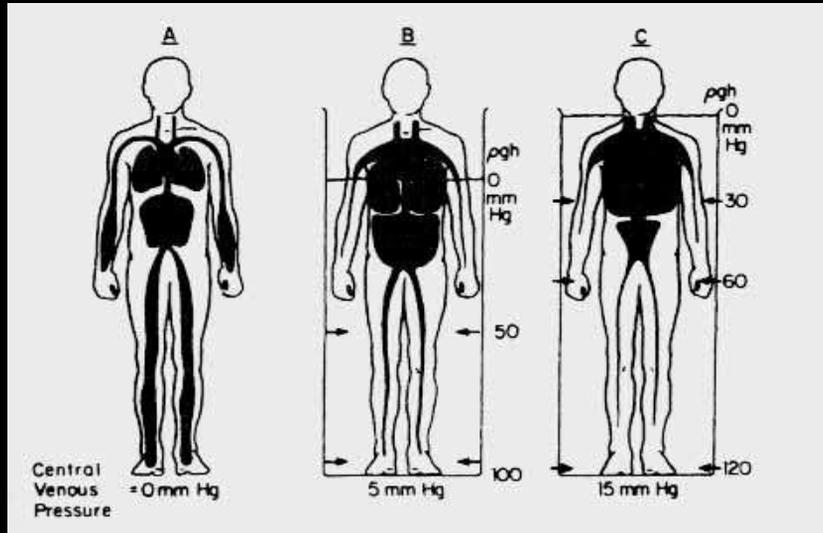
長期臥床により血液が上半身へ移動
(胸腔や腎臓へ)



身体の反応としては…

- ・尿量増加
- ・しかもこの状態が長期続くことにより体液量・血漿量減少
- ・総体血液量(循環血液量)減少

頸下浸水の効果



姿勢変換時(坐位・起立時)に下肢への血液移動により中心静脈圧・中心血液量が著しく減少。

心拍出量低下

起立耐性低下の原因

② 圧受容器反射の感受性

・長期臥床により**圧受容器の感受性低下**

・昇圧反射を起こす循環調節中枢への**求心性インパルスが減少**

起立耐性の低下の原因

高齢者の生理的変化

- ・ **筋**: 筋肉容量 20~40%減 (加齢で0.5~1%/年)
- ・ **骨**: 骨量 女性では約50%減 (加齢で1%/年)
- ・ **神経**: 脳細胞数の減少
末梢神経伝導速度 10~15%減
- ・ **関節**: 周囲組織の退行変性による可動域の減少
- ・ **心肺機能**: 最大酸素摂取量 40~50%減

高齢による生理的身体変化

+

廃用症候群



寝たきり！

安静は麻薬です。

(医療で用いるオピオイドのことではありません)

とても気持ちがよく、すぐに
悪影響は生じません。

でも、確実に患者さんの体を
むしばみます。

運動は霊薬*です。

*飲めば不老不死となるといわれた薬

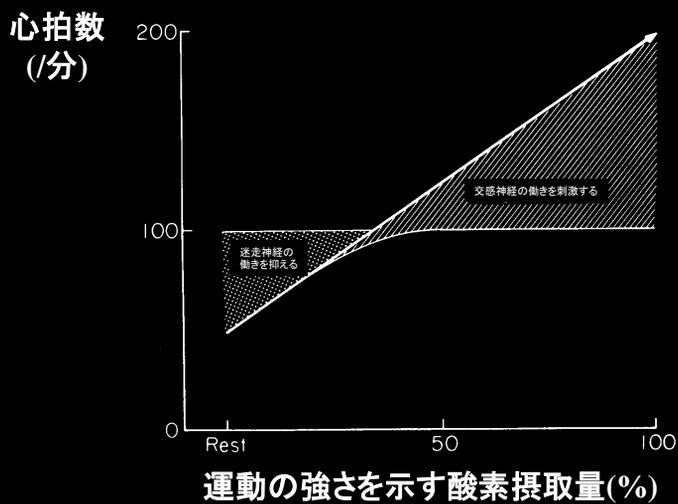
運動とは

ウォーキング、ジョギング、マラソン、水泳、サイクリング…、

短距離走、ゴルフ、野球…、

サッカー

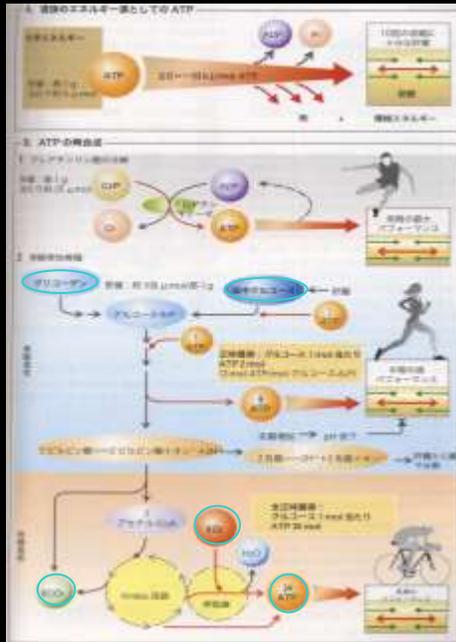
運動負荷による心拍数の増加



最大心拍数 = 220 - 年齢

エネルギー

運動にはエネルギーが必要
↓
エネルギーの生成には酸素が必要

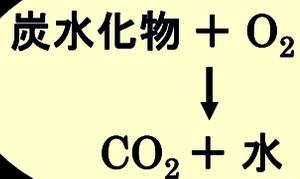


呼吸の目的

・生体の組織に酸素を供給し、二酸化炭素を除去する。

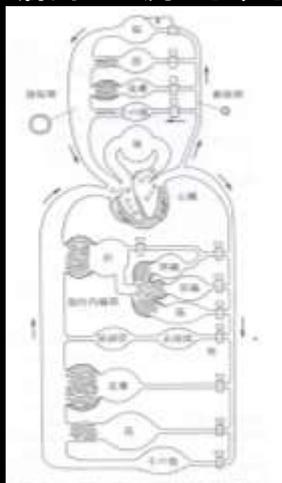
ゼエゼエ
ハアハア

酸素 →
← 二酸化炭素

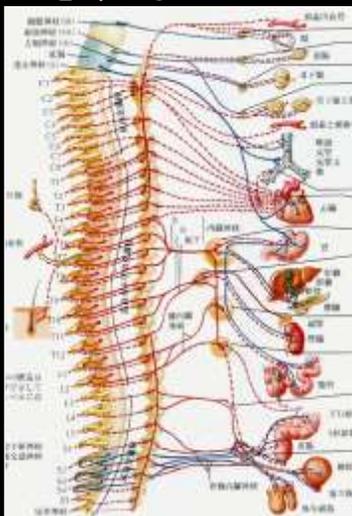


運動時に体内で起こる変化

いくら心臓が送り出す血液の量が増加しても運動をするための筋肉に血流がまわらないと意味がない



全ての臓器が並列に並ぶ



交感神経系
細い血管を
収縮させて
血流の配分
を調節する

運動

健康

血糖 血圧
コレステロール

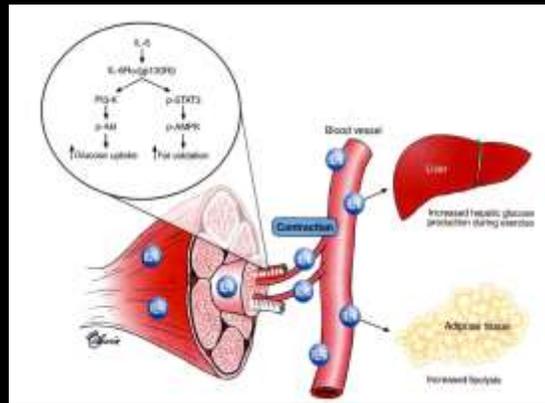
なぜ？

最新の運動についての知見

運動は何故からだによいのか？
運動は糖・脂質代謝を改善し
動脈硬化症を予防する

新たに分かった骨格筋の役割

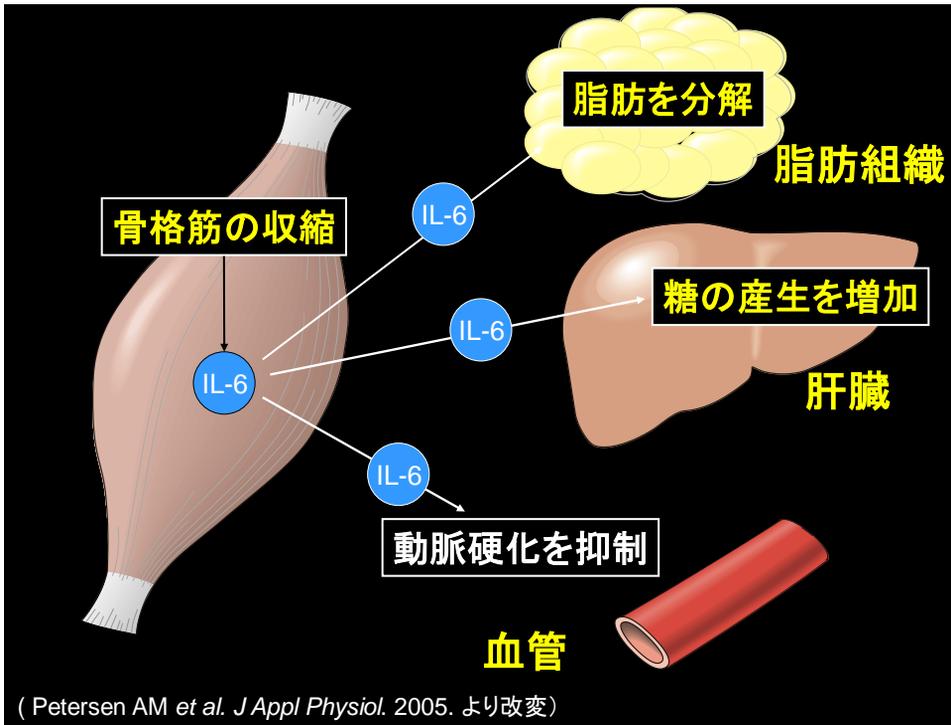
骨格筋の収縮により産生されるサイトカイン



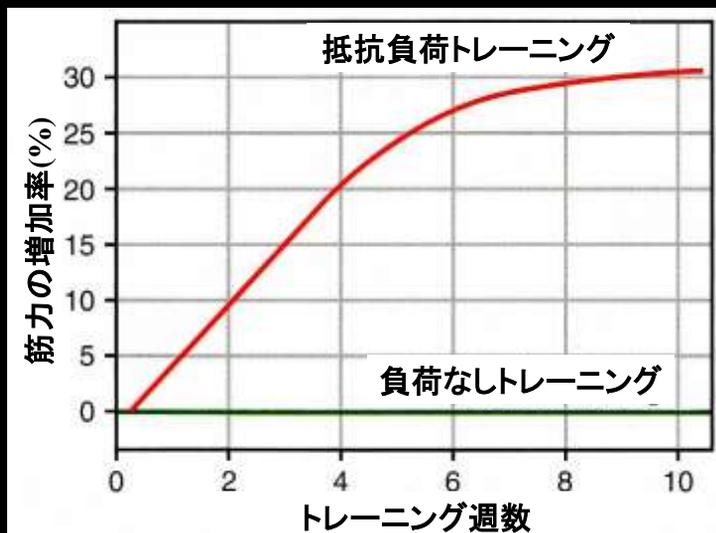
骨格筋の
収縮により
IL-6が産生

血液中のIL-6濃度が上昇し、
糖代謝・脂質代謝が活性化

Physiol.Rev.88:1379-1406,2008 Bente K.Pedersen

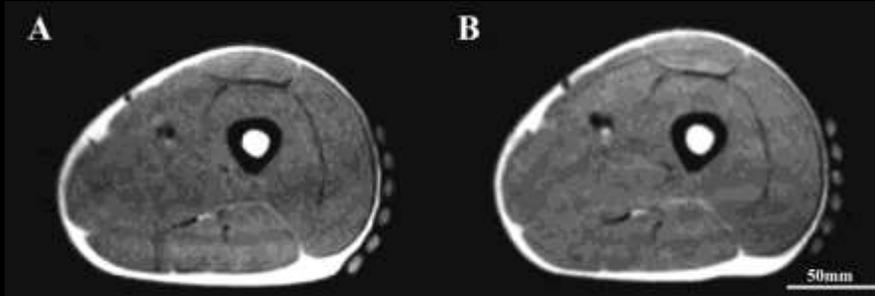


筋力トレーニングでの負荷の効果



トレーニング前後の太ももの断面積

MRIでみた太ももの断面



A: 訓練前

B: 1回最大筋力の50%、3秒間かけた遅い持続運動と
1秒間の休止を1分間、週3回・12週間継続した後

継続は力なり！

(Tanimoto M et al. J Appl Physiol. 2006. より)

どのような運動をすれば良いか？

ウォーキング、ジョギング、マラソン、水泳、
サイクリング…、

短距離走、ゴルフ、野球…、

サッカー

お金と場所が問題

こんな運動はできない



下肢エルゴメータ

ウォーキング

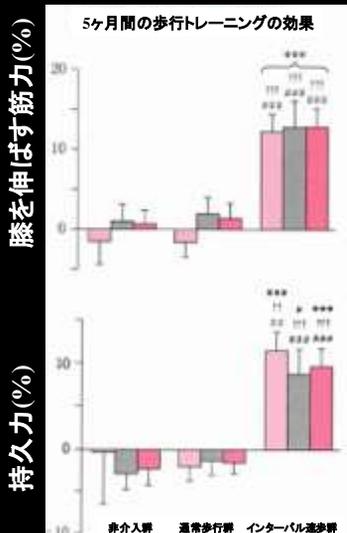
- ・多くの中高年を対象とした運動として、ウォーキングが推奨されている。
- ・毎日1万歩の通常のウォーキングでは脚の筋力の増強効果は認められなかった。



- ・筋力および持久力の増強効果が実証された、**インターバル速歩**が、より多くの中高年を対象とした基本的な運動トレーニングとして有効である。

信州大学スポーツ医科学 能勢教授ら

インターバル速歩



- ・最大歩行強度の70%の速歩と、40%の緩歩を約3分間ずつ交互に繰り返す、速歩の総時間を1日15分とし、週4日間実施することを目標。

- ・速歩のみでは乳酸が蓄積して、筋肉痛と息切れが起こるため、継続が困難になる。

- ・膝を伸ばす筋力が13%増強し、持久力が9%増加した。

(Nemoto K et al. 2007. より改変)

安静は麻薬です。

(医療で用いるオピオイドのことではありません)

とても気持ちがよく、すぐに
悪影響は生じません。

でも、確実に患者さんの体を
むしばみます。

運動は霊薬*です。

* 飲めば不老不死となるといわれた薬

宇宙飛行中の運動プログラム



自転車エルゴメーター

抵抗運動

トレッドミル

運動を行えない方とは

- 意識のない方
- 人工呼吸器を装着した状態
- 脊椎が負担に耐えられない方
- 血小板が少ない方
- 主要臓器疾患の急性期等です。

人工呼吸器をつけていても我々は
歩行訓練をしますが・・・



人工呼吸器をつけていても我々は
運動もしますが...



人工呼吸器を離脱



LBNP(下半身陰圧負荷装置)による実験



SIMULATION OF ORTHOSTASIS BY LOWER BODY SUCTION

I. Control
Mean Arterial Pressure = 100 mm Hg
Arterial Pulse Pressure = 40 mm Hg
Central Venous Pressure = 0 mm Hg
Cardiac Output = 5 l min⁻¹



II. Mild Suction
Mean Arterial Pressure = 100 mm Hg
Arterial Pulse Pressure = 40 mm Hg
Central Venous Pressure = 0 mm Hg
Cardiac Output = 5 l min⁻¹



III. Moderate Suction
Mean Arterial Pressure = 100 mm Hg
Arterial Pulse Pressure = 25 mm Hg
Central Venous Pressure = -2 mm Hg
Cardiac Output = 4 l min⁻¹

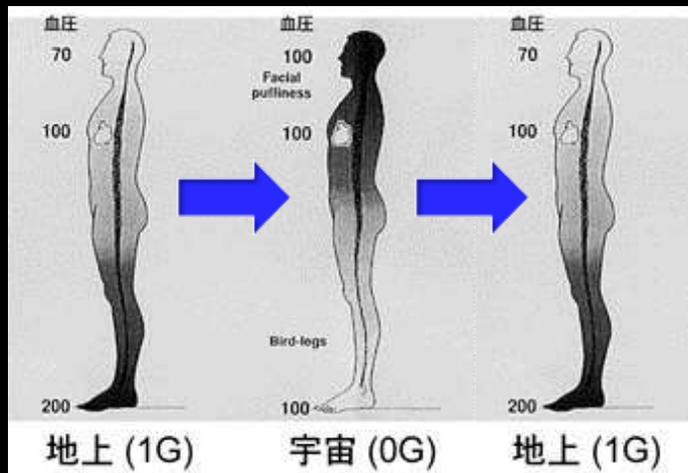


LBNPを装着した向井千秋さん

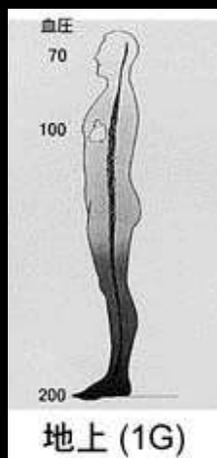


1994.01.07

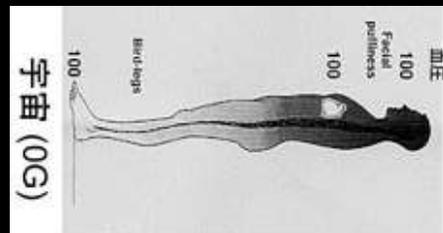
宇宙飛行による循環動態の変化



宇宙環境(無重力状態)とベッド上臥床状態



立位



臥位

離床困難な広範囲熱傷患者に対する Lボード(持ち運び式起立台)の使用



Lボードへ移動する。
ベルトで体幹・下肢を固定する。
Lボードを起こし、立位姿勢にする。

Lボードの適応

下記の項目が全て当てはまる症例

- ①原疾患や意識障害などにより坐位をとる事が困難な症例
- ②リハ室への出棟が困難な症例
- ③下肢への荷重制限がない症例

Lボード製作方法

以下の手順で製作した。

- ①市販のイレクターパイプ、ビニールシート、木板、紐、ベルトを購入する。



- ②パイプで枠組みを製作する。



- ③背もたれ部分を紐で補強し筒状にしたビニールシートを被せる。



- ④足底接触部分に木板を敷き固定し、滑り止めをはる。



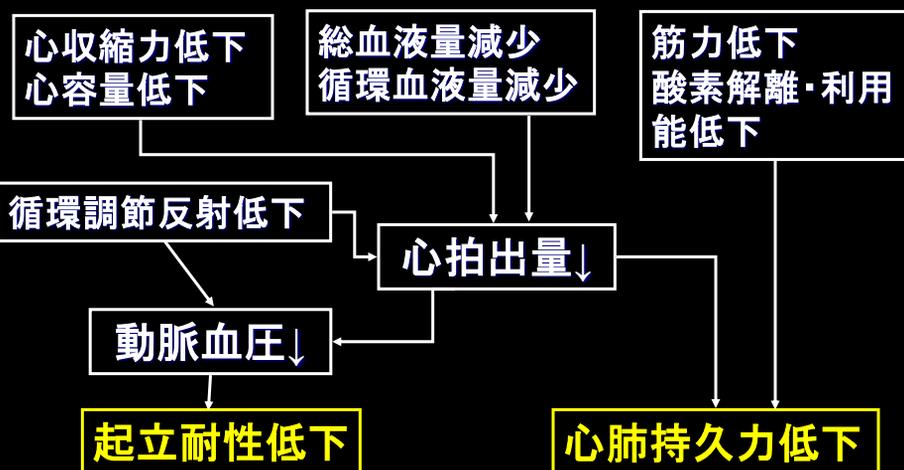
- ⑤起立時に床と設置し支点となる部分に滑り止めをはる。





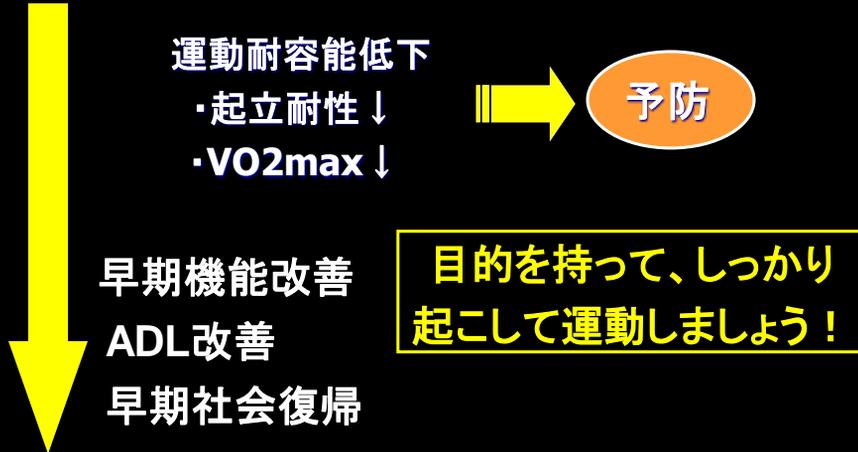
ベッドレストが起立耐容能・心肺持久力に及ぼす影響

長期臥床



早期離床の意味

早期離床



運動療法の効果

- ・最もエビデンスレベルが高いものに最大酸素摂取量の増加がある。
- ・複数の多施設無作為介入臨床試験で証明。
- ・大規模無作為試験のメタアナリシスがある。

運動療法の効果



Belardinelli R, et al: Randomized Controlled Trial of Long-Term Moderate Exercise Training in Chronic Heart Failure Effects on Functional Capacity, Quality of Life, and Clinical Outcome. Circulation 1999

- ・慢性心不全患者を運動群と非運動群に分け、運動群は60%VO₂max・40分のエルゴメータ運動を週3回・8週間、その後は週2回・1年続けた。

運動療法の効果



Belardinelli R, et al: Randomized Controlled Trial of Long-Term Moderate Exercise Training in Chronic Heart Failure Effects on Functional Capacity, Quality of Life, and Clinical Outcome. Circulation 1999

- ・運動群でのみ最大酸素摂取量が増加した。運動療法による最大酸素摂取量の増加が、虚血性心疾患患者の日常労作の相対的運動強度を上げ、労作時の息切れなどの諸症状の改善に起因していると考えられる。

運動療法の心機能への効果



Giannuzzi P, et al: Antiremodeling Effect of Long-Term Exercise Training in Patients With Stable Chronic Heart Failure: Results of the Exercise in Left Ventricular Dysfunction and Chronic Heart Failure (ELVD-CHF) Trial. *Circulation* 2003

- ・慢性心不全患者を運動群と対照群に分け、運動群に60%VO₂max・30分で週3～5回のエルゴメータ運動を6ヶ月間実施した。

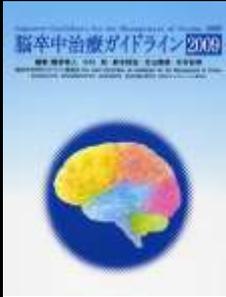
運動療法の心機能への効果



Giannuzzi P, et al: Antiremodeling Effect of Long-Term Exercise Training in Patients With Stable Chronic Heart Failure: Results of the Exercise in Left Ventricular Dysfunction and Chronic Heart Failure (ELVD-CHF) Trial. *Circulation* 2003

- ・運動群ではEDV、ESVともに減少し、対照群ではEDV、ESVともに増加した。
- ・心機能への直接的な効果として、左室リモデリング抑制効果が示されている。

痙縮に対するリハビリテーション



(附記)

痙縮の治療効果はmodified Ashworth scale (MAS)をはじめとする筋緊張の臨床評価と上肢機能、歩行、ADLなどの評価によって判定される。その治療には、神経ブロックを含む薬物療法ならびに、物理療法、運動療法、装具療法などが行われる。

～中略～

また、運動療法において、痙縮筋の使用や反復する荷重が、筋緊張を増悪させることはなく、むしろ随意運動の回復とともに痙縮の改善が期待できる。

運動療法と痙性

トレッドミル歩行後に
麻痺側の痙性は？



トレッドミル歩行後に
痙性は強くならない

痙縮に対するリハビリテーション

- ① 装具療法や運動療法が痙縮に対する治療の妨げにはならない。
- ② 急性期に行うのは廃用予防のための訓練ではない。
- ③ 急性期から慢性期まで、長時間・高負荷の運動を継続する。

患者の権利？

・企業のリスクマネジメントの様に、危険なことはしないというのであれば、重症度が高い患者のリハや出棟を中止することになってしまうが、それは本末転倒した考えで、重症度が高い患者こそ急性期リハを実践しなければならない。

リスクで最も恐ろしいのは 安静と臥床です

●臥床

重力の影響を最小限に抑えた状態

●安静

活動を最小限にした状態

臥床したまま運動負荷をかける
ことは可能です。

廃用症候群

(動かないことで引き起こされる様々な症候)

筋骨格系	筋萎縮、関節拘縮、骨萎縮
呼吸器系	換気障害、肺活量低下、肺炎
心循環系	心予備能低下、起立性低血圧 血栓性静脈炎
泌尿器系	尿路結石、尿路感染、失禁
消化器系	便秘、食欲不振
神経系	ぼけ、うつ状態、知的機能低下
その他	褥瘡

活動性を保つ基本は長期臥床を 避け、起立・運動負荷すること

ただし、診察、検査、診断をしてから、
限界近い運動を無理してでもするよう
勧めるべきだと考えます。

急性期から、安静臥床を出来るだけ
避けて下さい。

リハビリテーション実践
積極的な早期リハを考える

2013.12.22

ご清聴ありがとうございました

和歌山県立医科大学 リハビリテーション医学
那智勝浦町立温泉病院 リハビリテーション科

幸田 剣