

透析患者の運動療法

【はじめに】

近年、多くの学会で運動療法が注目され、ガイドラインなども整備されてきております。日本循環器学会を筆頭に合同研究班が策定した、「心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン」を始め、日本整形外科学会が提唱する「ロコモ」への取り組み、厚労省が中心となって展開した「メタボ」対策、その他にも高血圧症、糖尿病、脂質異常症など多くの疾患において、運動療法の効果が、短期的にも中～長期的にも多数報告されております。

一方、透析患者の運動療法に関しても、数年前に「透析運動療法研究会」や「日本腎臓リハビリテーション学会」が立ち上げられ、その効果について次第に衆知されてきました。私どもも学会・研究会・講演会などの機会をいただければ、「透析運動療法」をご紹介して参りましたが、未だに多くの透析施設から「運動療法の導入と継続」に関するノウハウが不足しているという悩みもたくさん寄せられます。

そこでより多くの方に「透析運動療法」をご理解いただき、運動療法を推進する仲間になっていただこうと考え、これまでに才全会で培われたノウハウをご紹介させていただくことに致しました。微力ではございますが、運動療法に携わる皆様のご参考になれば幸いです。

九州体力医学研究所 所長 松嶋肖子



目次

| | |
|--|------|
| 【1】透析運動療法のアウトライン | ……3 |
| 1.なぜ「運動」なのでしょう | ……3 |
| 2.血液透析患者の身体特性 | ……3 |
| (1)心・血管系 | |
| (2)O ₂ 輸送上の問題点 | |
| (3)栄養素の欠乏と喪失の問題 | |
| (4)腎性骨症とアミロイド骨・関節症 | |
| (5)基礎疾患特有の併存症・合併症 | |
| (6)安静時間の問題 | |
| 3.血液透析患者の体力の現状と運動効果 | ……7 |
| 4.メディカルチェック | ……8 |
| 5.リスクマネジメント | ……8 |
| 6. experience（これまでになかった経験）とdurability（継続性） | ……8 |
| 【2】透析運動療法のプレパレーション | ……9 |
| 1.メディカルチェック | ……9 |
| (1)メディカルチェックとは | |
| (2)メディカルチェックのプロセス | |
| 2.インフォームドコンセント | ……11 |
| (1)「運動」は難しくない | |
| (2)「運動療法」のリスクマネジメント | |
| 【3】透析運動療法のプラクティス | ……12 |
| 1.透析患者を対象とした運動療法の特徴と注意点 | ……12 |
| (1)H ⁺ の緩衝能が低い | |
| (2)腎性骨症とアミロイド骨・関節症 | |
| (3)呼吸法 | |
| 2.透析患者を対象とした運動プログラムの特徴 | ……12 |
| (1)ON HDエクササイズ | |
| (2)OFF HDエクササイズ | |
| 3.運動プログラム作成の実際 | ……13 |
| (1)ON HDエクササイズ | |
| (2)OFF HDエクササイズ | |
| 参考文献 | ……17 |

【1】透析運動療法のアウトライン

1.なぜ「運動」なのでしょう

「体力」を付けるにはどんな方法があるのでしょうか。「運動耐容能」に関して申しますと、それは「運動をすること」に他なりません。食事指導を守って栄養状態を改善する、十分な治療を受け、きちんと自己管理をする事が大切なのは言うまでもないことです。そのような手法にも、運動耐容能や健康関連QOL、予後を改善する様々なエビデンスがあることでしょう。しかしながら、運動療法ほど同時に複数の効果をもたらせる介入方法が、なかなか見当たらないのも事実です。

運動療法に関して一日（もはや数日）の長がある、心血管リハビリテーションのガイドライン¹⁾から、運動療法のエビデンス（表1）を観てみましょう。ご存知のように、透析患者はかなり高率に心血管疾患を併存していますので、心血管リハビリテーションの手法が有用だと考えられるからです。

適切な運動という介入を行うと、最高酸素摂取量や嫌気性代謝閾値を増加するなど運動耐容能が改善され（その結果日常労作の相対的運動強度が低下し、日常生活における諸症状が改善する）、筋力が増強し、心機能や換気機能、自律神経機能や末梢循環、炎症性指標が改善され、骨格筋にはミトコンドリアや毛細管密度の増加などの適応がもたらされるなど、その身体的効果に関しては枚挙に暇がありません。短期的には冠危険因子の是正や冠動脈事故発生率の減少、生命予後の改善が高いエビデンスレベルで認められております。また、（表1）にはありませんが、健康関連QOLの改善についても多数報告されています。このように、心血管リハビリテーションの効果は明らかと言わざるを得ません。更に予後改善のための冠動脈硬化病巣の安定化や動脈硬化危険因子の是正、10年以上の長期予後などといった運動療法の二次予防効果をも見据えて、ガイドラインや管理目標を策定されているのは本当に参考になります。

表1：運動療法の身体的効果¹⁾より改変

| 項目 | 内容 | ランク |
|-------|--------------------------|---------|
| 運動耐容能 | 最高酸素摂取量増加 | A |
| | 嫌気性代謝閾値増加 | A |
| 症状 | 心筋虚血閾値の上昇による狭心症発作の軽減 | A |
| | 同一労作時の心不全症状の軽減 | A |
| 呼吸 | 最大下同一負荷強度での換気量減少 | A |
| 心臓 | 最大下同一負荷強度での心拍数減少 | A |
| | 最大下同一負荷強度での心仕事量（心臓二重積）減少 | A |
| | 左室リモデリングの抑制 | A |
| | 左室収縮機能を増悪せず | A |
| | 左室拡張機能改善 | B |
| | 心筋代謝改善 | B |
| 冠動脈 | 冠狭窄病変の進展抑制 | A |
| | 心筋灌流の改善 | B |
| | 冠動脈血管内皮依存性、非依存性拡張反応の改善 | B |
| 中心循環 | 最大動静脈酸素較差の増大 | B |
| 末梢循環 | 安静時、運動時の総末梢血管抵抗減少 | B |
| | 末梢動脈血管内皮機能の改善 | B |
| 炎症性指標 | CRP、炎症性サイトカインの減少 | B |
| 骨格筋 | ミトコンドリアの増加 | B |
| | 骨格筋酸化酵素活性の増大 | B |
| | 骨格筋毛細管密度の増加 | B |
| | II型からI型への筋線維型の変換 | B |
| 冠危険因子 | 収縮期血圧の低下 | A |
| | HDLコレステロール増加、中性脂肪減少 | A |
| | 喫煙率減少 | A |
| 自律神経 | 交感神経緊張の低下 | A |
| | 副交感神経緊張亢進 | B |
| | 圧受容体反射感受性の改善 | B |
| 血液 | 血小板凝集能低下 | B |
| | 血液凝固能低下 | B |
| 予後 | 冠動脈性事故発生率の減少 | A |
| | 心不全増悪による入院の減少 | A (CAD) |
| | 生命予後の改善（全死亡、心臓死の減少） | A (CAD) |

2.血液透析患者の身体特性

(1)心・血管系

血液透析患者の死因²⁾を見ると、心不全（27.2%）、心筋梗塞（4.5%）、脳血管障害（7.5%）等の心・血管障害で死亡する割合は39.2%であり、少しずつ増加傾向にあります。これは、透析患者が常に容量負荷の状態にあり、それが高血圧症や心機能障害出現の原因となり、またカルシウム・リン代謝障害が動脈硬化症や虚血性心疾患の誘因となっていることと関連が深いと考えられます。他方、わが国でも慢性心不全症例に占める慢性腎臓病(CKD)の割合が調べられていますが、JCARE-CARD(Japanese cardiac Registry and Heart Failure in Cardiology)³⁾で71%、CHART(Chronic Heart Failure Analysis and Registry in the Tohoku District)⁴⁾では42.7%と報告されており、その併存率の高さには驚くばかりです。これらのリスクに関しては、日頃から十分に注意を払って管理されていることと思いますが、運動療法の際にも、心・血管系の併存症には十二分に配慮しなければなりません。

(2)O₂輸送上の問題点

①エネルギー産生機構と運動

食物や、脂肪・グリコーゲンなどの体内貯蔵物から効率よくエネルギーを取り出すためには、酸素(O₂)が必要です。特に運動中は運動筋が大量のエネルギー(ATP；アデノシン三リン酸)を必要とするため、運動筋へのO₂輸送を増大する必要があります。

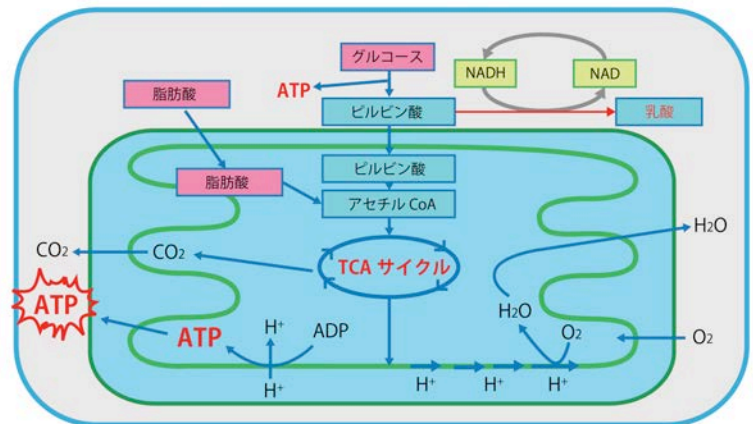
さて、ここで簡単にエネルギー産生機構(図1)についておさらいしましょう(実際にはもっと複雑で様々な要素が関わり合っていますが、運動に関連した部分を取り出して簡単に説明しています。詳しくは生化学や生理学の分野で、多くの成書が出されていますので、そちらをご参照ください)。

筋肉は収縮することによって力を発揮するのですが、収縮するためにはATPが必要です。ATPなど、直ぐに利用できる形態のエネルギーも多少は細胞内に蓄えられていますので、数秒間程度はそれで賄われますが、長い時間運動を続けることはできません。運動を長く続けるためには何が必要でしょうか。答えはO₂です。

まず、細胞の中を覗いてみましょう。三大栄養素は糖質・脂質・蛋白質ですが、主としてエネルギー源となるのは糖質・脂質です。飢餓などの際には蛋白質もエネルギーに変えられますが、主役ではありません。運動という観点から見た細胞内のエネルギー産生機構は、大きく2つに分かれます。それは細胞質内における解糖系と、ミトコンドリアを舞台にしたTCAサイクルや電子伝達系(酸化リン酸化)です。解糖系ではグルコースしか利用できませんが、O₂なしでもATPを多少(グルコース1分子からATP2分子)産生できます。運動強度が高く、筋細胞に十分なO₂が届かない場合でも、解糖系を利用してATPを産生することで運動を継続しようと頑張るわけですが、重炭酸による緩衝能を超えて乳酸が産生された結果、筋細胞はアシドーシスに陥り、運動を継続できなくなってしまいます。特に透析患者は緩衝能が非常に低く、容易にアシドーシスに陥ってしまいます。

これに対しO₂が十分に筋細胞に行き渡っている場合、それは低～適切な運動強度の場合を意味しますが、グルコース1分子から、解糖系～電子伝達系を経ておよそ30分子前後のATP⁵⁾⁶⁾⁷⁾が産生され、自身はH₂OとCO₂にまで完全に酸化されるのです。また、脂質の一種である脂肪酸は、TCAサイクルや電子伝達系が順調に動いている時、アセチルCoAという形でTCAサイクルに入りますが、脂肪酸からはもっと多くのATP(例えばパルミチン酸1分子が完全に酸化されるとおよそ100分子前後のATP⁵⁾⁶⁾⁷⁾が得られます。こうして産生されたATPを用いて、適切な強度であれば、長く運動を継続できるということになります。

図1：運動から見たエネルギー産生機構



②透析患者とO₂輸送

このようにエネルギー代謝はO₂に依存していますが、大気中のO₂はどのようなプロセスでミトコンドリアまで運ばれるのでしょうか。では、今度はO₂輸送についてごく簡単におさらいしましょう(こちら詳しくは成書をご参照ください)。

O₂輸送は大気中のO₂を摂取して血液を酸素化する、肺呼吸から始まります。酸素化の主役は赤血球中のヘモグロビンです。肺で酸素化された血液は、心血管系の機能により末梢へと運ばれ、組織細胞に接する毛細血管に到達します。毛細血管内で分圧較差に従ってヘモグロビンから血漿へと赤血球膜を通してO₂が拡散し、血漿から組織細胞への輸送も拡散で行われます⁵⁾。つまり、O₂輸送のライフラインは血管、運び手は主として赤血球、肺でも末梢組織でも推進力はPaO₂です。そしてこの輸送システムは肺機能・心血管系の機能・血液の性状(ヘマトクリット・ヘモグロビン濃度・ヘモグロビン親和性・動脈血O₂含量・血液粘度・血漿粘度等)・赤血球の機能・末梢組織の性状(毛細血管網の構造・血管床の密度・浮腫の存在等)などに影響されるそうです⁸⁾。

透析患者の問題点について考えてみましょう。肺機能はどうでしょうか。よく肺水腫を起こすような患者、禁煙ができない患者（一酸化炭素中毒などの別の問題もあるのですが）はいませんか？心血管系は前述した通りリスクを抱えた人が多そうですね。血液の性状はどうでしょうか。何とんでも大多数の患者にブラッドアクセスとして動静脈シャントがあり、それは末梢組織の酸素化に不利な場合があるようです。また、多くの患者に腎性貧血がみられ、ESA等で十分にコントロールしようとしても、栄養状態やESAの副作用との関連も深く、ガイドラインの推奨ラインもあって、健常人の域まではなかなか到達できないのが現状です。副作用や合併症の問題をさておいて運動パフォーマンスのことだけを考えれば、ヘモグロビン濃度は健常人近くまで高い方が有利なのは間違いありません。更に、動脈硬化症の患者も少なくはなく、高度の狭窄病変があると、末梢で良好なPaO₂を確保するのは難しいものです。特に運動習慣がなく、ADLの低い患者は筋量も少なく、末梢血管床が十分発達しているとは考えにくいでしょう。ドライウェイトのコントロールが困難な患者は、組織に浮腫を起こしやすいことでしょう。

このように透析患者は、まるで運動はおろか、生命を維持するのに不利な条件が揃っているかの様です。

(3) 栄養素の欠乏と喪失の問題

我々の身体の中では、細胞を舞台に休みなく分解と生合成が繰り返され、エネルギー産生を行いながら多くの重要な生体分子の前駆物質を生み出し、必要に応じて必要とされる生体分子が合成されます。そしてその複雑な代謝の各局面で、ビタミン、機能性蛋白質等の生理活性のあるビタミン様物質やミネラル等、多くの栄養素が活躍しています。

ところがそこにまた、透析患者に不利な点があります。それらの栄養素は食物の中から摂取されるもの、体内で生合成されるものなど様々ですが、腎不全患者はリンやカリウム、不揮発酸等のコントロール、という観点から摂取機会が限定的である事が多く、また透析治療で喪失する分子もあるなど、多くの点で不利な状況にあると考えられます。

L-カルニチンを例に考えてみましょう。前述した通り脂肪酸はミトコンドリア内で最終的に代謝されるのですが、脂肪酸をミトコンドリアまで運んでいくのがL-カルニチンと呼ばれる水溶性分子です。肝・腎で生合成され、95%以上が骨格筋に存在し、羊や牛の肉に比較的多く含まれていて、1回の標準的透析で75%もの血清中カルニチンが失われるという特徴があります。透析患者は保存期に遡る蛋白質摂取制限や骨格筋量の減少、腎における生合成と再吸収の低下、そして毎回の血液透析という要因が継続することによって、慢性的に体内量が減少するため、次第に赤血球膜の脆弱化と貧血、筋力低下、心機能低下や脂質代謝異常⁹⁾といった、欠乏に基づく諸症状を来すと考えられます。

これ以外にも・ビタミンB1、B2、B6、B12、ビタミンC、葉酸などの水溶性ビタミンや水溶性のビタミン様物質、アミノ酸やアルブミンなどの成分も、透析膜の性能によって差はありますが、治療の際に失われてしまうことがあります。これらは代謝を制御している酵素の補酵素として、生理機能を持つ分子として、組織を作り・維持する材料として、重要な働きを担っている物質ばかりです。透析患者の運動器について考えてみますと、前述のカルニチン始め、BCAA（分子鎖アミノ酸）など、筋代謝に必要な多くの「モノ」が透析治療によって失われています。その分食事で補い、運動などで代謝を亢進しなければ、運動器はどんどん機能低下していくことでしょう。透析患者の筋量がなかなか改善されないという現実の背景には、このような事情もあるのです。

(4) 腎性骨症とアミロイド骨・関節症

近年、カルシウム・リン代謝障害への取り組みも手法・効果ともに向上してきておりますが、長期透析の合併症として、腎性骨症やアミロイド骨・関節症は依然として少なくはなく、運動導入・継続やADL維持・向上の妨げとなっております。動かすと痛みが出現する運動器、動かす事で更に障害が進行してしまう運動器に対しては、慎重にアプローチしなければなりません。運動療法に際しては、症状はなくても、関節に不要なメカニカルストレスがかからないよう、良いアライメントを保つように配慮しなければなりません。

(5) 基礎疾患特有の併存症・合併症

最近導入患者の中で大きな割合を占めるようになった、糖尿病を例に考えてみましょう。運動によって筋にグルコースが取り込まれますので、運動強度や運動の総量(強度×時間)によっては、低血糖のリスクが生じ

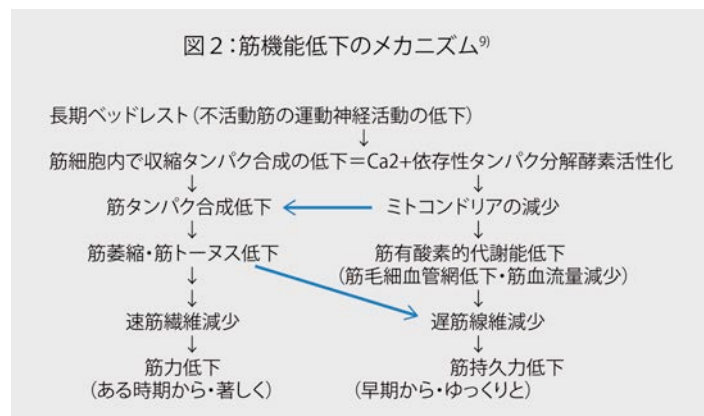
ることがあります。私どもがご紹介しているエクササイズのように、低～中等度の運動強度と運動量では減多にありませんが、もしグリコーゲンを枯渇させるほどの運動（強い運動の繰り返しあるいは長時間持続型の運動）をする患者がいれば、運動終了後できるだけ早期（30分以内など）に炭水化物を摂取させて、低血糖のリスクを減らし、筋グリコーゲンの補充を図ると良いでしょう。血糖降下薬を使用中の患者などでは、場合によっては（運動時間が長いなど）運動中の捕食を考える必要性があるかもしれません。勿論高強度の運動は推奨できませんが、登山やハイキングなど、運動強度としては低～中強度でも、長時間に及ぶ運動を好む患者はいるかもしれません。

また、糖尿病腎症から末期腎不全に至ったような患者は、他の合併症を有するリスクも高いと考えられます。他の細小血管障害のうち網膜症のある患者に対しては、網膜剥離や出血のリスク対策として弾むような運動（ハイインパクト系）を勧めない、神経症のある患者に対しては、知覚障害のため怪我や足病変の増悪に気付かない事があるので、シューズやソックスは適切なものを選ぶ、血行不良部位には圧迫防止策を講じるなどの配慮が必要です。大血管障害は糖尿病の有無に拘らず、透析患者にとっては非常にリスクの高い身近な問題ですので、運動以前に十分なリスクマネジメントが必要でしょう。

(6)安静時間の問題

平均的な治療時間は4-5時間/日の施設が多いと思います。すると、週に12~15時間は透析治療に費やされますし、更に透析開始前の待機時間や透析終了後の止血時間、あるいは直ぐに起き上がれないような低血圧症があれば、13-16時間以上/週は治療に関連した安静状態にある、と考えられます。それだけに留まらず、透析日は帰宅後もなんとなくきつくて、横になっていたり、座っていたりして、安静時間を過ごす患者さんも少なくはないというのが実情です。

さて、安静の何処が問題なのでしょう。地上で活動する動物は皆重力(1G)に影響を受け、我々ヒトの骨格筋も直接重力に影響を受ける抗重力筋と、そうではない非抗重力筋とに大別されます。20世紀終わり頃を中心に、ベッドレストに関する研究が相次いで報告されました。ベッドレストは重力の影響を最小限にし、抗重力筋に対して重力負荷を解除し、不活動状態をもたらします。その結果、筋の廃用性筋萎縮が起り、筋力は低下するのです¹⁰⁾ (図2)。抗重力筋は7日以上ベッドレストが続けば、ベッドレスト期間に比例して筋力の減少率が高まり¹⁰⁾、10日¹¹⁾~20日¹¹⁾¹²⁾のベッドレストで筋萎縮が明らかになり、20日以上では筋持久力が低下¹³⁾し、90日を越すような長期間のベッドレストでは、骨格筋の可塑性が失われ、ベッドレスト以前の筋機能を再度獲得するのは不可能だろう¹⁰⁾とされています。また、筋萎縮に先立って筋力低下が起こっていることから、central command (中枢司令) の低下がまず起り、更に脊髄運動神経細胞の活動が低下する事が背景にあると言われています¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。非抗重力筋の場合も、そこまでに至る期間は抗重力筋より長いですが、同様に筋機能が低下していくようです¹⁰⁾。



ベッドレスト中のトレーニング効果に関する報告も多数ありますが、軽度～中等度の有酸素的仰臥位自転車運動トレーニングは、抗重力筋の筋力減少を全く阻止できませんでした¹¹⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。一方、最大筋力～最大筋力の90%というような、強い動的レジスタンス運動が組み込まれたプログラムを毎日（オールアウトかそれに近いところまで）実施すると、筋力減少を阻止できたという報告もあります²⁰⁾²¹⁾²²⁾。しかしそれでも、筋量の減少や筋萎縮を阻止することは困難でした。筋量が減少しても筋力が維持する効果が示されたのは、おそらく毎日の運動努力の持続が、筋の活動性を維持し、central commandの低下を阻止したためと考えられています¹¹⁾。実際、我々の研究においても、筋量がやや減少した患者群でも筋力は維持～増加したというデータがあります²³⁾。

これらの研究は若年の健常者に対して行われたものがほとんどです。前述したように、透析治療は断続的にせよ、ある意味、長期間の安静状態を創り出す治療です。透析患者に対して調べられた研究はありませんが、安静の影響というものが今後の課題の一つであろうことは疑いありません。またこれらの先行研究のよ

うに、透析患者や心疾患患者に対し、高い強度の運動をオールアウトまで継続させるのは現実的ではありません。幸い透析患者は、透析後はきつくても、非透析日や透析前半くらいまでは何とか元気を取り戻している方がほとんどでしょう。従って透析患者の運動療法は、①透析中にはcentral commandを亢進させることによって筋の活動性を高める（場合によっては筋肥大をもたらずレベルまでレジスタンス運動の強度を上げる）ことを目的とした【ON HDエクササイズ】と、②非透析日や透析前に行う、抗重力筋にしっかりと刺激を与え鍛える【OFF HDエクササイズ】の2本立てで取り組んで行くのがよいと考えております。なお、自転車漕ぎやウォーキングなどの有酸素運動は、ONもOFFもどちらも施行可能なエクササイズだと考えられます。

3.血液透析患者の体力の現状と運動効果

さて、実際のところ、透析患者の体力はどうなっているのでしょうか。ここにいくつか報告がありますので、ご紹介しましょう。運動耐容能のうち、酸素消費量は健常人の50~60% (15ml/Kg/min)²⁴⁾、O₂輸送効率(FO₂)は健常人を100%(Ht; 40%)として48%(Ht; 20%)、ESAによる治療後は84%(HT; 31%)²⁵⁾、下肢筋力は健常人の40%²⁶⁾、ADLは健常人の50%(透析日が著しく低下)²⁶⁾と、これだけでも体力がかなり低下しているのがお解りいただけるでしょう。

我々は、そのような透析患者に対して透析中の運動療法を開始し、以下の様な運動効果が得られましたのでご紹介致します²³⁾。嫌気性代謝閾値 (AT) における酸素摂取量 (図3-①) は、運動療法開始後有意に増加しています。次にATにおける $\Delta VO_2/\Delta WR$ (図3-②) も、運動開始1年後から有意に増加しています。次にATにおけるVE/Vco₂ (図3-③) ですが、こちらは当初から少しずつではありますが、有意に減少しております。これらは皆、運動耐容能が改善したということを示唆します。さて、筋に関してですが、我々はADL確保のために重要だと考えられる、膝伸展筋力 (図3-④) について検討しました。運動療法開始前は筋力の低下が著しかったのですが、筋力は経時的に有意に増強していました。これに対し、インピーダンス法 (BOCA) で計測された下肢筋量は半年後、2年後は有意に減少しており、1年後と3年後には有意な差は認められないという結果でした (図3-⑤)。提示してはおりませんが、実はコントロール群として透析エクササイズに参加しなかった患者についても、同様の計測を続けております。彼らの筋力や筋量は減少傾向にありましたので、透析エクササイズを行うと、筋力の増強と筋量の少なくとも維持が可能であったということが解ります。ベッドレストの項で述べましたが、おそらく透析日毎の運動の継続が、筋の活動性を維持し、central commandを亢進~維持したためと考えられます。

ところで、運動機能やADLの確保において大腿四頭筋筋力が重要であるという観点から、運動機能を評価する客観的な指標として、体重支持指数 (WBI; weight bearing index)²⁷⁾ という、膝伸展筋力を体重 (透析患者の場合はdry weight) で除した数値があります。WBI=0.4は荷重歩行の閾値、WBI=0.6は日常生活を保証する閾値、WBI=0.8はレクリエーションスポーツ参加の閾値、WBI=1.0~1.2は競技スポーツ参加の閾値と言われています。我々の運動療法に参加した患者等は、開始前にWBI<0.6だったのですが、半年の運動療法でWBI>0.6に改善しました (図3-⑥)。

図 3-①: AT における酸素摂取量の経時的変化

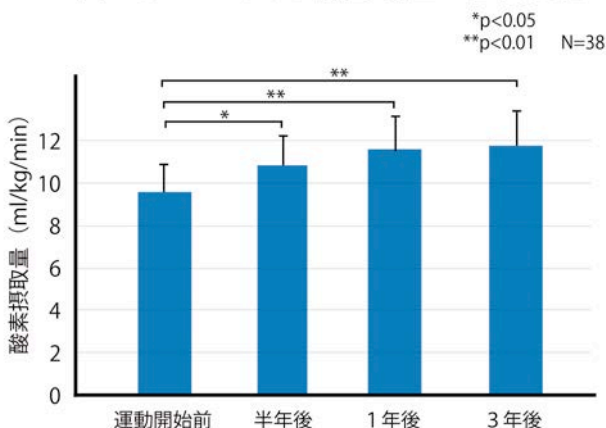


図 3-②: AT における $\Delta VO_2/\Delta WR$ の経時的変化

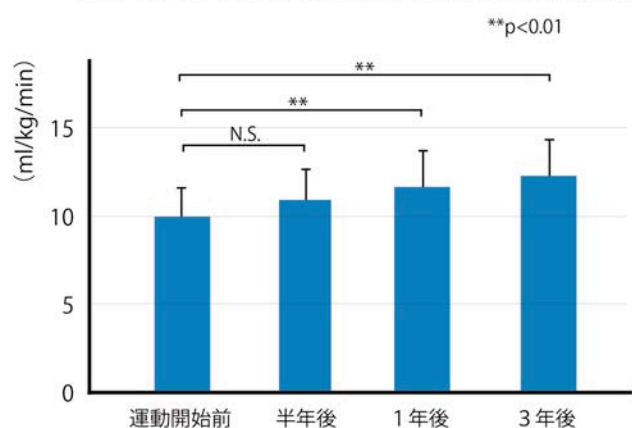


図 3-③: AT における $\dot{V}E/\dot{V}co_2$ の経時的変化

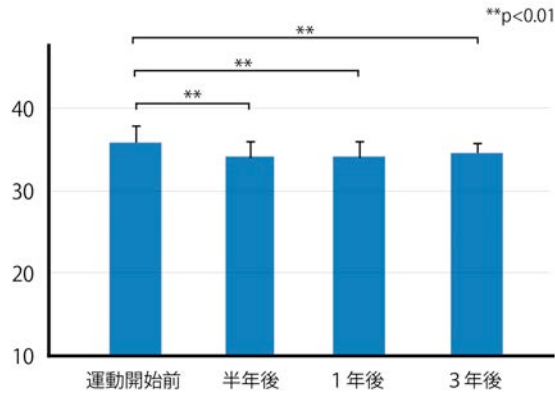


図 3-④: 等尺性膝伸展筋力の経時的変化

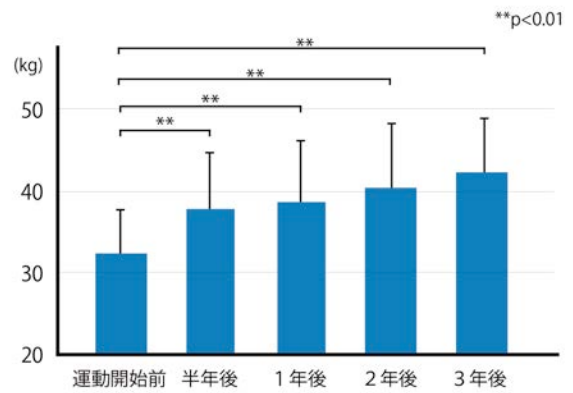


図 3-⑤: 下肢筋量の経時的変化

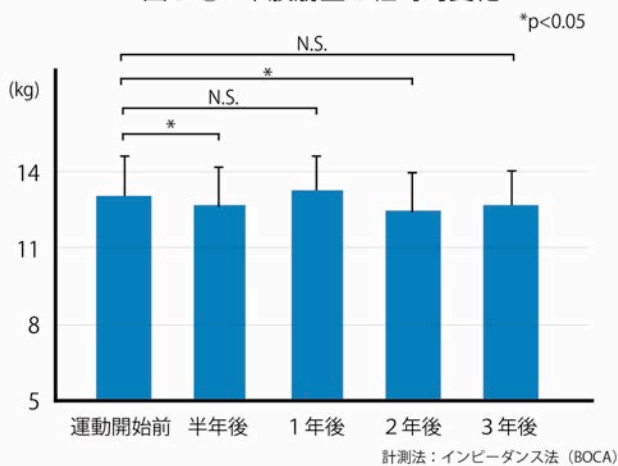
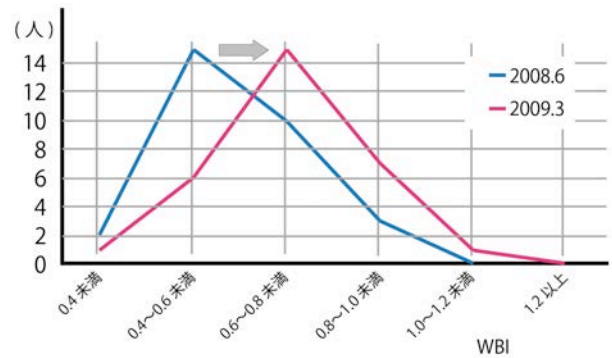


図 3-⑥: 運動開始半年後の体重支持指数 (WBI) 変化

体重支持指数 (WBI): 膝伸展筋力 / 体重 (dryweight)



4. メディカルチェック

このように色々問題があっても、体力増進のためには運動療法を始めた方がいいという事が解っていただけたと思いますが、では、何から始めたらいいでしょうか。それはまず、それぞれの患者が抱えている問題を明らかにすることです。詳しくは後述しますが、我々の施設で取り組んでいるメディカルチェックは大きく分けて2つのプロセスに分かれています。運動負荷試験を含めて、運動をさせていいかどうかの判断と、実際に運動をさせてみる、運動処方への根拠となる体力テスト (運動負荷試験や筋力測定など) です。これらのメディカルチェックを基に、個々人に合わせた運動処方を提供するのです。

5. リスクマネジメント

患者のリスクをコントロールし、計測に基づいた運動処方をしさえすれば安全が担保できるか、と言いますと残念ながら答えはNO!です。リスクを100%回避することはできません。そこで運動療法にも医療安全のメソッドが必要だと考えられます。そのため私どもはインフォームドコンセントも重要視しています。運動療法の提供者 (医療者側) と受益者 (患者側) が協力して取り組むことが大切であり、そうして初めて良好にアドヒアランスが維持されていくのではないかと、考えております。

6. experience (これまでになかった経験) と durability (継続性)

保存期に遡るとかなり長い間運動など縁がなかった患者、諦めていた患者達が透析室での集団運動指導を開始すると、皆明るく、身体を動かすことを喜び、楽しんでくれます。最初は運動療法参加に難色を示していた患者の中にも、ストレッチングなど、運動機器を使わないプログラムには自主的に参加したりしています。モチベーションが上がり、「やる気スイッチ」が入る事が大切で、集団指導である透析エクササイズはそのような患者達にとって、非常に有効なexperienceとなってくれればと考えられます。皆でやるから、少々

気分が乗らない時も頑張れる、「隣の人もやっているから、自分も取り敢えずやっとう」というような雰囲気になるのが集団プログラムの良い点です。一般のスポーツクラブでも集団プログラムは人気があるようですが、参加不参加は自主性に任されていますので、モチベーションが低く、参加のハードルが高い人は、次第にジムに足を運ぶのも億劫になり、継続性が低いようです。その点透析中の運動なら、透析には必ず来ますので参加のハードルは高くはありません。しかしながらモチベーションが下がれば（飽きてくれば）、参加しないための色々な理由をつけて、サボる患者も中には出てきます。

運動でも教育でも、慢性疾患の治療に際しても、durabilityが積年の課題です。これらの介入は長く続けてこそ、大きな成果が得られるというものです。どうしたらdurabilityを向上させることができるでしょうか。残念ながら正解は見つかりません。これまでの私どもの経験から言えるのは、指導する側が運動療法の利点を信じ続け、辛抱強く柔軟に熱意を持ち続けることではないかと思えます。durabilityは我々医療者にも必要な資質ではないでしょうか。しかも運動でも食事でも何か一つ動機付けができれば、禁煙や服薬・規則正しい生活・介護・福祉など、多方面の介入がadd onできるかもしれません。これまでできなかった事ができるようになったというexperienceやその評価を共有する事で、self efficacyの獲得という点でも有効でしょう。そのようにして、いつも治療を受けている病院やクリニックが、患者にとってhealth hubの役割を果たせるようになれば幸いです。

【2】透析運動療法のプレパレーション

1.メディカルチェック

(1)メディカルチェックとは

例えば手術など、身体にとってストレスのある治療を施す前には、通常術前検査を行います。麻酔や手術、周術期といった一連の過程に身体が耐えられるかどうかを検討するためです。術前検査とは、その患者のリスクを評価し、あるいは身体機能が必要十分なレベルに達しているかどうかを確認する作業です。多少条件が厳しくとも、健康を回復するためにその手術がどうしても必要なら、患者も医療者も実施する決断を下すでしょう。

運動療法も基本的には同じです。運動前に問診・診察・検査によってリスクを評価して、運動負荷試験を含めて運動して（させて）いいかどうかの判断を下し、良ければ運動処方根拠となる体力テストを実施するのです。この体力テストを行って初めて判る問題点（労作性狭心症・運動に伴う不整脈・運動誘発喘息など）もあります。これら一連のプロセスがメディカルチェックと呼ばれるものです。

(2)メディカルチェックのプロセス（図4）

メディカルチェックは大きく2つのステップに分かれます。前半はリスクの評価です。問診・診察・検査を中心として、患者が抱える問題点を可能な限り洗い出すのです（表2）。問診で循環器、運動器を中心に胸痛や息切れ、骨・関節症状などに関する現病歴・自覚症状や既往歴を聞き、家族歴では特に比較的若年（50才未満など）血縁者の心血管疾患や突然死について調査します。生活習慣では喫煙や過去を含めた運動歴を尋ねます。診察では血圧等のバイタルサインを始めとした内科的身体所見は勿論ですが、できたら運動器に関しても、自発痛や圧痛の有無、関節をどのくらい動かせるか、tightness（筋肉の柔軟性不良）、looseness（関節の緩さ）、骨・関節のmalalignment（アライメント不良、骨格不正配列の事。応力分布の変化が発生し、特定部位に応力が集中する。オーバーユースと並んで特定部位の骨膜反応や疲労骨折の原因となると言われる）についても、だいたい解る程度で結構ですので、調べてみると良いでしょう。これらはみな、パフォーマンス低下や怪我の原因となるものであり、継続性が重要な運動療法にとっては、マイナスとなるものです。整形外科的診察は角度計を用いたりして難しそう（実際慣れるまでは難しい）な感じがしますが、透析医や透析室スタッフは専門家ではないので、動きや姿勢が「何となく可怪し」ければ整形受診をさせる、というスタンスでいいのではないのでしょうか。血液検査や胸写は、いつもの診察で調べているもので結構です。ただ、運動負荷試験前に安静時心電図検査だけは行いましょう。

さて、ここで問題点が見つかったら次はどうしましょうか。運動負荷試験の絶対禁忌（表3）に該当するような症例は論外ですが、相対禁忌や相対禁忌が疑われるような症状のある患者は、まずはそのリスクをコントロールすることを考えます。例えば軽度の胸痛や胸部不快感・不整脈感のある患者は循環器内科などの

専門科に受診勧奨する、コントロールされていないHT, DM, 肝機能障害, 内分泌機能異常、骨・関節障害などがあれば治療を検討するか、専門科に受診勧奨するということです。これらのプロセスを踏んでリスクがコントロールされたら初めて、運動負荷試験に進むことができます。

後半はいよいよ体力測定です。運動負荷試験や筋力測定、可能であれば身体組成などもチェックすると良いでしょう。運動負荷試験は持久系運動（有酸素性運動）の強度を処方する根拠となるものですが、ここで新たな問題が明らかになる場合もあります。即ち、運動負荷試験中に胸部症状や運動器症状が出現したり、ST-T異常や不整脈が検出されたりする場合（運動療法非適応）もあるということです。その場合は前半部と同様、精密検査や専門科受診、治療によるコントロールへと進めばいいのです。ここまでの問題を全てクリアして、ようやく運動療法適応と判断され、運動処方の後に運動開始となります。運動を始めて順調に継続したら、定期的に再評価をして問題がないかどうか監視し、運動処方の更新をしなければなりません。

図4：メディカルチェックのプロセス

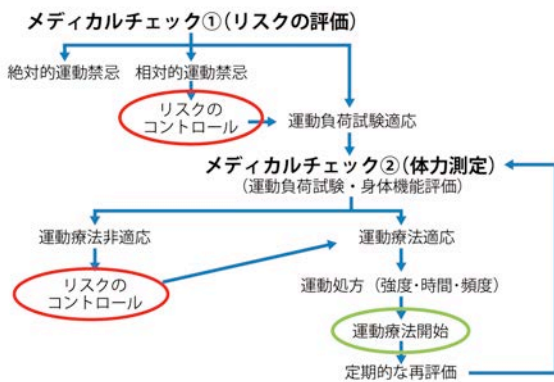


表2：メディカルチェックの項目（例）

| | 問診 | 診察 | | 検査 |
|------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | | 内科的 | 身体所見 | 血液生化学 |
| 自覚症状 | 循環器症状 | | 血圧 | 血液生化学 |
| | 運動器症状 | | 脈拍 | 血圧 |
| | その他 | | その他 | 胸部X線撮影 安静時心電図 |
| 既往歴 | 循環器 | | | その他 |
| | 運動器 | 整形外科的 | 運動器所見 | |
| | その他 | | 関節可動域 | |
| 家族歴 | 血縁者の心血管疾患 | | tightness | |
| | 若年者の突然死 | | looseness | |
| | | | malalignment | その他 |
| 生活習慣 | 喫煙 | | | |
| | アルコール | | | |
| | 運動 | | | |
| | 食事 | | | |
| | 生活リズム | | | |
| | その他 | | | |

表3：運動負荷試験の禁忌¹⁾

| | |
|-------|--|
| 絶対的禁忌 | <ol style="list-style-type: none"> 2日以内の急性心筋梗塞 内科治療により安定していない不安定狭心症 自覚症状または血行動態異常の原因となるコントロール不良の不整脈 症候性の高度大動脈弁狭窄症 コントロール不良の症候性心不全 急性の肺塞栓または肺梗塞 急性の心筋炎または心膜炎 急性大動脈解離 意思疎通の行えない精神疾患 |
| 相対的禁忌 | <ol style="list-style-type: none"> 左冠動脈主幹部の狭窄 中等度の狭窄症弁膜症 電解質異常 重症高血圧 頻脈性不整脈または徐脈性不整脈 肥大型心筋症またはその他の流出路狭窄 運動負荷が十分行えないような精神的または身体的障害 高度房室ブロック |

*原則として収縮期血圧<200mmHg, または拡張期血圧<110mmHg あるいはその両方とすることが推奨されている。

1) 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2012年改訂版), 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011年合同研究班報告)

2.インフォームドコンセント

(1)「運動」は難しくない

生命史が専門ではないので詳しくは知りませんが、細胞ができたのは38-40億年ほど前だそうです²⁸⁾。運動を司る分子モーターとなると、もっと以前かもしれません。それらの中からエサを求めて、あるいは敵から逃げるために、動くことを選んだ細胞が現れたのもその頃なのでしょう。我々人間も動物、その細胞の子孫なのです。我々の身体の中には、その頃からの記憶が蓄積されているに違いありません。

そこまで遡らなくても、我々は生まれた時から動くことを学びます。寝たきりだったのが寝返りを打ち、ハイハイして座り、立ち上がり、やがては歩けるようになります。幼稚園や小学校から「体育」の時間があり、部活動、同好会、サークル、あるいは個人でスポーツクラブに通ったり、登山やサイクリングを楽しんだり、これまでそうやって運動に親しんできたのではないのでしょうか。

試しに右足を出して、次に左足を出してみてください。続けて右、左、右と交互に出していけば立派なウォーキングです。弾みながら同じ事をすればランニング、自転車に乗って交互にペダルを踏めばサイクリング、水に浮いて進めばスイミングです。

このように考えれば、「運動」自体は難しいことはありません。競技スポーツで勝ちに行くとか、オリンピックを目指すなどということではなければ、もう既に皆さんがよくご存知の事ばかりなのです。

(2)「運動療法」のリスクマネジメント

ところが「運動療法」となると、「運動」という手法を用いて、エビデンスを伴った治療効果や安全性が求められます。またどんなに多方面に配慮していても、リスクを100%回避する事も、「安全」を100%担保する事もできません。「運動」には医療行為と同じように不確実・不確定要素が多いので、提供する側も受ける側もお互い納得して取り組めるよう、医療安全のメソッドを取り入れるべきでしょう。

具体的には施設毎の医療安全プランに沿って決められるものですが、最初に必要な手続きはインフォームドコンセントです。運動の効果とリスクについて説明し、希望者からは書面で同意をもらいます。どんなに運動が良い事だと考えていても、軽い運動だから大して危険ではないと思っていなくても、同意が得られなければ提供すべきではありません。お互いの責任で協力関係を築いていくのが大切です。

運動療法で一番初めに行う運動は「運動負荷試験」です。才全会で用いている、運動負荷試験の同意書をご紹介しますのでご参照ください(資料1)。MOXバージョンとCPXバージョンがありますが、違うのは「2.運動負荷試験の方法」の部分だけです。

CPX(cardiopulmonary exercise test)は、呼気ガス分析を併用した心肺運動負荷試験であり、負荷のプロトコルはランブ負荷、嫌気性代謝閾値の検出には最も優れていますが、高価(900万円以上)です。特定の疾患に対しては医療保険の適応となるはずですが、地域や保険者によってはなかなか認めてもらえず、施設によっては自由診療の対象となっています。そこで医療保険の対象とならない疾患(通常メタボリックシンドローム等)で自由診療のコストを掛けられない患者、介護保険を利用した介護施設(デイサービス等)における運動希望者等を対象に、マニュアルで「見做しランブ負荷」をかけながら、自覚的運動強度(RPE)を用いて嫌気性代謝閾値に該当する運動強度を検出できるよう、私どもで工夫したのがMOX(manually operated exercise test)です。選定する機器によって異なりますが、コストは大体50万円くらいではないかと思えます。運動強度の設定には色々な方法がありますが、実際の身体応答は実際に運動介入しないと判らないと考えております。安価な方法としては「6分間歩行」もありますが、これはATを少し超える強度で6分間歩くという、運動したことのない人にとっては定量の困難な、しかも強度の高い負荷試験であり、透析患者や高齢者に対しては安全面で問題があると考えております。やはり漸増負荷試験が安心です。

さて、メディカルチェックの結果運動療法の適応と判断されたら、いよいよ透析中の運動の開始です。この時にもまたインフォームドコンセントを取ります(資料2)。更に毎回のON HDエクササイズの前にも、その日の体調やvital signのチェックと共に運動参加の意思について確認しますが、さすがにこれは書面ではなく口頭(スタッフ用のチェックシートはあります)で行います。OFF HDエクササイズに関しましては、一定の教育終了後は、今のところ患者の自由意志・裁量・自己責任の範疇と考えております。そこは検討の余地があるのかもしれませんが。

【3】透析運動療法のプラクティス

1.透析患者を対象とした運動療法の注意点

アウトラインで述べたように、多くの透析患者が循環器的にも運動器に関してもハイリスクに該当しますので、例えば、次の様な問題に対してはそれぞれに配慮が必要です。

(1)H⁺の緩衝能が低い

運動強度が上がり酸素の供給が追いつかないと、細胞は酸素不足となり乳酸が産生されてしまいます（乳酸産生はATPを確保するための結果です）。乳酸は直ぐに解離してH⁺が増えてきますが、H⁺を排泄したり、重炭酸などで滴定する機能の低い腎不全患者は、容易にアシドーシスに陥ってしまいます。従ってメインパートでは、最大でも運動強度は嫌気性代謝閾値(AT)の強度を超えないようにしましょう。またウォーミングアップあるいはメインパートで運動強度を変える際は、急に強度を上げないよう、少しずつ強度を上げては定常状態を続けるという多段階負荷に倣った方法で、十分に時間を掛けて目的の運動強度に至るよう配慮しましょう。最後にクールダウンでは急に運動を停止するのではなく、運動中に細胞内で産生された乳酸、CO₂、その他の疲労物質が除去され易いよう、なるべく筋組織への血流を保ちながらゆっくりと心拍出量を落としていきましょう。要するに、急に動き（足）を止めるのではなく、時間を掛けて運動強度を落としていくとよいでしょう。

(2)腎性骨症とアミロイド骨・関節症

「骨が脆くなっており、既に変性や破壊を伴っている骨・関節がある場合や、安静～動かすと痛みが起こる骨・関節もある」という、運動するには不利な合併症です。そのような運動器に対しどうアプローチしたらいいのでしょうか。治療や予防は透析診療に譲るとして、症状や所見が高度の場合は運動療法の適応とならないか、整形外科と連携する必要性あります。骨・関節を支持するのは筋の役割ですので、体力やADLを改善したいと考えたら、何らかの方法で筋力増強を図らねばなりません。こういったケースではアイソメトリックなトレーニングや単関節運動による主動筋のトレーニングから始め、一定の筋力増強と症状の軽減が図られた後に、実際の日常生活における身体の使われ方と同様な方法（クローズドキネティックチェーン）でトレーニングを行っていくのです。こういった事には専門的知識や経験、あるいはそれなりの運動機器が必要となりますので、運動器リハビリ等の専門施設に任せたらよいでしょう。透析室主導の運動療法は、所見や症状が無～軽度のケースだけを扱うというスタンスでいいと考えております。

(3)呼吸法

これは透析患者に限ったことではありませんが、エネルギー代謝はO₂に依存していますので、如何に効率よく酸素を取り込み、消費できるかが重要です。有酸素運動でも筋力トレーニング（筋トレ）でも有効に酸素を取り込めるよう、呼吸を意識した呼吸法を心がけましょう。逆説的なようですが、しっかり息を吐くと後は大きく吸うしかないものです。また、筋トレの際は力を発揮する時に息を吐きますが、そうすることで力を入れやすい、主動筋を意識しやすいという利点もあります。ストレッチの際も金を伸ばすときにゆっくり行きを吐くといいでしょう。いずれの場合も決して息を止めたり、息んだりするような事が無いよう注意しましょう。

2.透析患者を対象とした運動プログラムの特徴

透析患者の運動療法は、透析中に行う【ON HDエクササイズ】と、非透析日や透析前に行う【OFF HDエクササイズ】の2本立てで取り組んで行くのがよいとアウトラインでも述べましたが、折角（患者さんは大変でしょうが）週に3回も来院するのですから、この機を逃す手はありません。そう考えたのが透析中の運動療法の始まりでしたが、透析治療中のため運動時間や姿勢（臥位～座位）が限られ、血圧低下や目標心拍数を超えた心拍数の増加といった循環動態の不安定要素もあって、一定以上の成果が得られない患者も少なくない、というジレンマがありました。そこを補って余りある、と期待しているのが非透析中に行う運動です。【OFF HDエクササイズ】を実施するためには「運動時間の捻出」に始まって、「リスクと運動効果」の指導、実際に行う運動プログラムのフォーム・強度・時間や回数といった運動処方等々、たくさんの

問題点がありますが、地道にひとつひとつクリアしていくしかありません。では、それぞれの特徴について少し考えてみましょう。

(1)ON HDエクササイズ

ON HDエクササイズの特徴の一つは、監視型の運動である点です。もし運動中に事故や体調不良が起こった場合でも、直ぐに対処できるのが利点です。二つ目の特徴は姿勢が限定される（ベッドなら臥位、チェアなら座位もしくは臥位）ということです。従って抗重力筋への重力の影響は小さく、抗重力筋のトレーニングとしては不十分です。ただ、逆に下肢への荷重がないため、筋力低下により自立歩行困難な患者さんでも（特に運動器に大きな問題がなければ）運動可能だと考えられます。アウトラインで述べたように、抗重力筋への刺激は小さくても、central commandを亢進することや、身体をうまく使えるためのトレーニングとしては有用です。運動に慣れてきて、エルゴメータの負荷やチューブの強度が増加してくれば、それなりに抗重力筋への刺激になりうると考えられます。

(2)OFF HDエクササイズ

OFF HDエクササイズは自重を使ったエクササイズが中心となり、ON HDエクササイズの不足を補うことを目的としたものです。患者が運動に慣れ、運動と自らの身体との関連を理解したら、こちらこそが主体となるものだと考えております。ただし、OFF HDエクササイズが非監視型の運動である点には留意しなければなりません。従って、今回お勧めする透析室主導の運動療法は、せめて杖を用いた自立歩行ができるなどADLが比較的保たれ、大きな運動器障害がなく、厳しい呼吸不全や心不全等のない患者さんを対象としたものであることを、ご理解の上参考にしていただければ幸いです。

3.運動プログラム作成の実際

トレーニングは対象者に依らず（アスリートでも透析患者でも）、準備運動（ウォーミングアップ）から始まって主運動（メインパート）、整理運動（クールダウン）という一連の3つのパートで構成されるのが常です。

一般に体力増進や慢性疾患の治療を目的とした運動療法なら、ウォーミングアップを十分とって、メインパートでは検査で得られた運動強度を守り、最後にクールダウン（主にストレッチング）を丁寧に行うということが大切だとされています。

透析患者の運動療法でもON・OFFともにプログラムの大まかなプロセスは、準備運動→主運動→整理運動です。後はそれぞれのパートにどのような種類の運動を持ってくるかという事と、それらの運動の強度や時間だけです。準備運動と整理運動は、これから運動を始めていこうとしているか（心拍数を上げ、筋活動を亢進させる）、運動で亢進した身体応答を安静状態まで戻していこうとするか（心拍数や筋活動は安静時に、筋温が上昇しているうちに柔軟性を増進させる等）という点で異なるだけです。従って例えばストレッチングでは、一般には準備運動の際には弾みをつけて呼吸・循環系の亢進を図り（動的ストレッチング）、整理運動の際にはゆっくりと息を吐きながら目的筋を伸ばして柔軟性の獲得を図る（静的ストレッチング）、というような方法が採られるようです。

(1)ON HDエクササイズ

ON HDエクササイズはまず、透析リーダーの体調チェックから始まります。その日の体調の良し悪しについて、申告していただきます。運動参加の希望もこの時に確認します。血圧などの所見に問題があったり、体調不良などがあればその日の運動は見学です。参加不参加は強制ではなく、患者さんと相談の上決定されます。

集団で行う運動ですので、運動をするグループのメンバーが揃ってから開始します。つまり透析を開始し、回診なども終了して落ち着いた状態、しかも昼食開始までの時間帯に行うのが適当ですので、私ども才全会では大体1時間程度という運動時間が確保できるかどうか、ということになっております。中には集団運動が終わっても個別に自転車こぎ等を持続するという、元気な患者もいます。つまりその1時間程度の間エクササイズを行い、スタッフは運動機器の着脱なども行わなければならないというわけです。

私どものプログラムは、準備運動としてのストレッチング3分→チューブを用いたレジスタンス運動10～

15分→エルゴメータを用いた有酸素運動10～30分→整理運動としてのストレッチング3分という構成になっております(図5)。参加者の体力やスキル・当日の体調・指導者の方針・その他の諸々により種目毎、あるいはtotalの運動時間には変化があります。どのエクササイズも多関節運動ですが、それぞれの姿勢肢位が素直によい並び方になるよう、メカニカルストレスがかからずよいアライメントを保つよう、注意するのが大切です。良いアライメントなどというのはなかなか解りにくいものですが、透析中の運動はほとんど下肢の運動ですので、まずは膝とつま先の向きが同じになっているよう、(膝が内股になったり、ガニ股になったりしないよう)注意できるようになれば、運動療法スタッフとしては合格ではないかと思えます。

ところで、透析中なので当然シャント肢が固定されています。滅多にありませんが、汗をかいたり、シャント肢の方も少し動いたりすると、穿刺針の固定が緩んだり、抜けたりしないとも限りません。普段以上に固定には配慮しましょう。

ところで集団運動という事は誰か一人、リードを取るスタッフがいた方がいいという事です。才全会でも透析運動療法導入当初は健康運動指導士が担当しておりましたが、現在では透析室スタッフが交代で担当するようになっております。彼らは運動指導などしたこともなく、人前で声を出してリードを取るなんて考えたこともなかったと思いますが、少々実践指導やアドバイスをを行い、後はとにかく始めてしまったわけですが、実際何とかなるものだと感心させられました。皆立派にリーダーの役割を果たしています。このリーダーを始め運動指導実践の当事者になる、というあたりが、他施設の皆さんにはハードルが高いと感じられるようです。でも、「案ずるより産むがやすし」です。私どもには運動指導研修など、導入をサポートさせて頂く用意も色々ありますので、ご心配な方は是非ご相談下さい。

最後に運動機器の問題です。エルゴメータは市販の家庭用のものを利用してありますが、それを透析ベッドやチェアに固定するにはフレームなどのデバイスが必要です。最近では設置型のエルゴメータなどもありますが、運動強度が上がるにつれ、やはり固定した方がやり易いようです。また、レジスタンストレーニングにはチューブを使用しますが、チューブも、足とベッドあるいはチェアの双方に固定しなければなりません。それらのデバイスは市販されてはおりませんので、自分たちで作るしかありませんでした。それらの運動機器は後日ご紹介致します。

では、パート毎のプログラムを少しご紹介しましょう。プログラムは運動時間・指導者の方針や患者さんのスキルによって変更することもあります。これらのプログラムの画像(動画を含む)は、後日ご紹介させて頂きたく予定です。

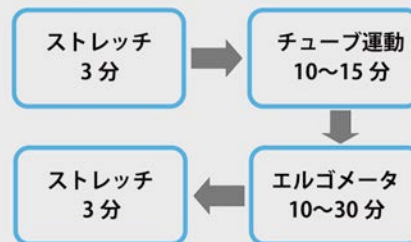
①ストレッチング (&身体ほぐし)

座位や臥位で行い、しかもシャント肢が固定されていますので、種目は限定的にならざるを得ません。足関節の伸展・屈曲と外回し・内回し、股関節の内旋・外旋、骨盤を中心に身体を揺らす、肩関節の上げ下げや回転、首の運動(前後左右に曲げたり、回転させたり)、大体二頭筋のストレッチング等が可能です。怪我や痛みのあるときは無理をしない、痛いところまで伸ばしたり動かしたりしないようにする等に注意しましょう。ON HDエクササイズのストレッチングは、準備運動・整理運動ともに共通です。

②チューブ運動

座位または臥位におけるレジスタンストレーニングです。チューブを両足とベッドやチェアに固定し、チューブの抵抗を利用して筋に負荷をかけます。現在才全会では3種類の強度のチューブを使用しておりますが、チューブの長さ・チューブを同種あるいは異種を用いて2重にする等の工夫をして、様々な強度の処方に対応しています。この体位でできるメニューですが、大腿四頭筋のトレーニングを主体としておりますので、膝の伸展、下肢の内転・外転、股関節の屈曲等を行っております。股関節の屈曲は大腰筋が主動筋となりますので、臥位の方がやりやすいでしょう。回数・セット数は患者の体力を見ながら設定していけばよ

図5：ON HD エクササイズのプログラム構成



30～50分の運動プログラムであるが、参加者の体力やスキル・当日の体調・指導者の方針などにより、種目毎の運動時間は変化する

いです。

③自転車こぎ

エルゴメータによる有酸素運動で、全身持久力のトレーニングです。才全会では市販の家庭用のエルゴメータにフレームを付け、チェアやベッドに固定しています。家庭用とはいえ、負荷を調整できるものを選んで使用しています。負荷（運動強度）や運動時間は、患者の体力などにより設定していけばよいです。

(2)OFF HDエクササイズ

抗重力筋に刺激を与え、トレーニングしていくのが第一の目的です。その前に抗重力筋とは何でしょうか。ヒトが地球上で生活している限りは重力の影響を受けますが、重力に対抗して立位姿勢を保持する働きを抗重力機構といい、そのために働く筋を抗重力筋といいます。抗重力筋を分類すると、頸部屈筋群、腹筋群、腸腰筋、前頸骨筋、大腿四頭筋等（以上、腹側の筋）、頸部伸筋群、脊柱起立筋、大殿筋、ハムストリングス、下腿三頭筋等（以上、背側の筋）、中でも頸部伸筋群・脊柱起立筋群・ハムストリングス・ヒラメ筋は主要姿勢筋群と呼ばれ、姿勢を保持するため持続的に活動しています。姿勢を制御できることが適切な筋活動を生み出し、バランスの安定性も得られるのです。

抗重力筋を使った（つまりは自体重を使った）運動はたくさんありますが、今回OFF HDエクササイズでは、ウォーキングとスクワットをご紹介します。

①ウォーキング

抗重力筋トレーニングの中でも一際取り組み易いのは、ウォーキングでしょう。下肢の障害などがなければ、いつでも何処でもできるエクササイズのひとつです。しかも適切な運動強度で行えば、全身持久力向上のための有酸素運動として有用ですし、また歩くときには片足ずつ自重在り掛かりますので、レジスタンストレーニングとしても有用と考えられます。ただ、運動療法ということ考えると、怪我の予防や運動効果という観点から、若干配慮したいところがあります。それはフォームやシューズなど用具の選定と、運動強度についてです。

運動強度ですが、心拍数や脈拍数をモニターできる腕時計などの機器をお持ちであれば、メディカルチェックの運動負荷試験で得られた、嫌気性代謝閾値（AT）に相当する心拍数を目安に、歩くスピードを調節すれば結構です。もしそうでなければ、自覚的運動強度を利用しましょう。「楽～ややきつい」くらいのペース（RPE=11～13）がATに相当すると言われてしますので、それを参考に歩くスピードを調整して下さい。運動強度を上げる場合は「無理なくゆっくり」が大切です。そしてウォーキングの前後にはストレッチや身体ほぐしなど、準備運動や整理運動を行って下さい。シューズ選びやフォームに関しては、後日画像でご紹介する予定です。

さて、ウォーキングに自信がない人は起立訓練から始めるのがよいでしょう。椅子があれば何処でもできます。起立と着席を繰り返すのですが、筋力やバランス能に不安があれば、テーブルのある場所で行い、テーブルに手を置いてサポートしながら行いましょう。時間や回数は体力に応じて決めます。最初は少ない回数で始め、徐々に回数を無理なく増やしていきますが、できなければ後戻りというスタンスでもよいのです。

②スクワット

同様にお勧めなのはスクワットです。「筋トレ」というと椅子に座ってダンベル・トレーニングをしたり、マシンに乗っていろいろな筋のトレーニングをしたりというイメージがありますが、日常生活の中でそのような姿勢で力を発揮する状況がどれほどあるのでしょうか。あまりに筋力に乏しく自分で動くことが困難な人は、単関節運動を広く行ってまずは基礎筋力をつけるようにしなければなりません。怪我や術後のリハビリというわけではなく、ある程度ADLが保たれている人なら、日常生活に近い動きで、しかも自重在り荷にして行う機能的筋力トレーニングが有用だと考えられます。なぜなら、トレーニングの目的が特定の筋肥大ではなく、日常生活あるいはもう少し行動半径を広げた社会的フィールドの様々な場面（例えば外出・買物・旅行・レクリエーションスポーツへの参加）における、色々な動きの中で自体重をコントロールできるようにすることにあるからです。透析患者の家庭での運動ということ考えると、あまり多くの種目に取り

組むのは難しい事が想定されますので、今回はスクワットをご紹介します。スクワットは機能的筋力トレーニングの代表的な種目で、両腕を体の前に伸ばすハンズフリーボディウエイトスクワットなら、下肢の諸筋群のみならず腹筋・頸椎周囲の筋を含む脊柱起立筋群・肩関節周囲の筋までもトレーニングできます。またハンズフリーにすることで、バランスの安定性も増してより安全です。後日スクワットのフォーム、強度とコンディショニング、「スクワット以前」の問題を抱えた（つまり、スクワットができない）方のトレーニング方法などを、画像を含めてご紹介する予定です。

参考文献

- 1) 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2012年改訂版), 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011年合同研究班報告) .
- 2) 図説「わが国の慢性透析療法の現況」5)死亡原因(3)2012年死亡患者の死亡原因分類, 一般社団法人 日本透析医学会 統計調査委員会, 2012.
- 3) Hamaguchi S, Tsuchihashi -Makaya M, Kinugawa S, et al. Chronic kidney disease as an independent risk for long-term adverse outcomes in patient hospitalized with heart failure in Japan. Report from the Japanese Cardiac Registry of Heart Failure in Cardiology (JCARE-CARD). *Circ J*, 73, 1442-1447, 2009.
- 4) Shiba N, Matsuki M, Takahashi J, et al. Prognostic importance of chronic kidney disease in Japanese patients with chronic heart failure. *Circ J*, 72, 173-178, 2008.
- 5) Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, et al. : 中村桂子, 松原謙一 (監訳) : エネルギー変換-ミトコンドリアと葉緑体. 細胞の分子生物学第5版. 株式会社ニュートンプレス, 813-878, 2010.
- 6) Hinkle PC, Kumar MA, Resetar A, et al. Mechanistic stoichiometry of mitochondrial oxidative phosphorylation. *Biochemistry*, 30, 3576-3582, 1991.
- 7) Hinkle PC. P/O ratio of mitochondrial oxidative phosphorylation. *Biochim. Biophys. Acta*, 1706, 1-11, 2005.
- 8) 谷口興一: 谷口興一, 伊藤春樹 (編集) : 総論: 運動と呼吸・循環系の連関; 運動とO₂輸送: 心肺運動負荷テストと運動療法. 南江堂, 36-49, 2004.
- 9) 王堂 哲: L-カルニチン. *臨床透析*, 24(13): 1758-1760, 2008.
- 10) 鈴木洋児. ベッドレストと筋機能. 日本運動生理学 運動生理学シリーズ: 筋力をデザインする. 吉岡利忠, 後藤勝正, 石井直方編. 杏林書院, 187-206, 2003.
- 11) Suzuki Y, Murakami T, Haruna Y, et al.: Effects of 10 and 20 days bed rest on leg muscle mass and strength in young subjects. *Acta Physiol Scand*, 150 Suppl, 616: 5-18, 1994.
- 12) Akima H, Kuno S, Suzuki Y, et al.: Effects of 20 days bed rest on physiological cross-sectional area of human thigh and leg muscle evaluated by magnetic resonance imaging. *J Gravit Physiol*, 4(1): S15-S21, 1997.
- 13) 巽 宇宙: 20日間のベッドレストが最大酸素摂取量と筋持久力に及ぼす影響. 1993年度東京大学医学部保健学科保健管理学教室卒業論文, 1993.
- 14) 福永哲夫: 郡司篤晃, 川久保清, 鈴木洋児 (編集) : ベッドレストによる筋機能変化. 身体活動と不活動の健康影響, 140-154, 1998.
- 15) Sale DG, McComas AJ, MacDougall JD, et al. : Nueromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J Appl Physiol*, 53: 419-424, 1982.
- 16) Nakazawa K, Yano H, Suzuki Y, et al.: Effects of long term bed rest on stretch relex responses of elbow flexor muscles. *J Gravit Physiol* , 4: S37-40, 1997.
- 17) Genib AM, Sorokin PA, (ED.): Problem of Space Biology, 13. Nauka Press, Moscow, 192-199,1969.
- 18) Birkhead NC, Blizzard JJ, Daly JW, et al.: Cardiodynamic and metabolic effects of prolonged bed rest with daily recumbent or sitting exercise and with sitting inactivity. Wright-Pttersen Air Force Base, OH: Aerosp Med Res Lab (AMRL-TDR-64-64), 1964.
- 19) Kakurin LI, Lobashik VI, Mikhailov VM, et al.: Antiorthostatic hypokinesia as a method of weightlessness simulation. *Aviat Space Environ Med*, 47: 1083-1086, 1976.
- 20) Funato K, Kanehisa H, Shinohara M, et al.: Effects of resistance training during bed rest on morphological and functional characteristics of skeletal muscle. 4th Tokyo Symposium of Inactivity and Health (Personal Comunication), 1998.
- 21) Kawakami Y, Ichinose Y, Kubo E, et al.: Changes in muscle size and architecture following 20 days of bed rest. *J Gravit Physiol*, 7: 53-60, 2000.
- 22) Akima H, Kubo K, Kanehisa H, et al.: Leg-press resistance training during 20 days of 6 head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning, *Eur J Appl Physiol*, 82: 30-38, 2000.
- 23) 松嶋哲哉: 透析患者における運動と効果: 臨床と研究. *日本透析医会雑誌*, 28(1), 94-100, 2013.
- 24) Painter PL: Exercise in end-stage renal disease. *Exerc Sport Sci Rev*, 16: 305-339, 1988.
- 25) 谷口興一: エリスロポエチンと血液レオロジー, 真空採血管粘度計の臨床応用. *循環制御*, 14(1), 41-49, 1993.
- 26) 斎藤正和, 松永篤彦: 透析患者の体力特性とその測定方法. *理学療法*22, 258-262, 2005.
- 27) 黄川昭雄, 山本利春ら: 機能的筋力測定・評価法; 体重指示指数 (WBI) の有効性と評価の実際. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 10, 463-468, 1991.
- 28) リチャード・フォーティ, 渡辺政隆訳: 第2章 塵から生命へ. 生命40億年全史: (株) 草思社, 43-97, 2003.