血液透析患者における安静時エネルギー代謝量の測定

角 田 政 隆^{*1} 千 葉 尚 市^{*1} 大 宮 志 寿 加^{*2} 奥 田 絵 美^{*2}
中 川 幸 恵^{*2} 安 田 卓 二^{*1} 秦 温 信^{*1}
札幌社会保険総合病院内科・腎臓病^{*1} 同栄養部^{*2}

key words : 慢性腎不全, 血液透析, 栄養障害, 安静時エネルギー代謝量, 呼吸商

〈要旨〉

維持透析患者は栄養不足であるといわれることが多い。血液透析を施行することも生体で異化作用を亢進させると考えられている。そこで、血液透析自体がエネルギー代謝に関与していることを調べるため、血液透析患者 23 名を対象として、間接エネルギー測定法を用いて安静時エネルギー代謝量 (REE ; Resting Energy Expenditure) と、呼吸商 (RQ ; Respiratory Quotient) を調べた。計測は、週初め (中 2 日) とその 2 日後 (中 1 日) の 2 回、透析前、透析中 (1 時間おき)、透析終了前、および終了後に施行した。年齢、性別、BMI をマッチさせた健常者を対照とした。REE・RQ とともに中 1 日と 2 日の間に有意差はなかった。患者群の開始時の REE は対照群と比較して有意に低かった。しかし、透析経過中の REE の変化に有意差はなかった。また、開始時の RQ は患者群は対照群よりも有意に高かった。RQ は透析中に減少していった。さらに、患者を過去 1 年間に、十分栄養が摂取できたためにドライウェイトが上昇した群 (A 群)、また栄養が不十分で減少した群 (B 群) に分類して検討したところ、開始時の REE は A 群が B 群にくらべて有意に高く、開始時の RQ は A 群が有意に低かった。また、透析中の RQ は B 群が減少する割合は大きかった。両群間で REE に差がみられることを考えると、REE は採血だけでは困難な、透析患者の栄養状態の指標になる可能性がある。また、摂取した食事の栄養素の割合が患者群では健常者群と異なっているため、健常者にくらべて透析患者の RQ が低い可能性がある。REE・RQ をみることで効果的な栄養指導を行ったり、透析中のエネルギー投与 (IDPN ; Intradialytic parenteral nutrition) の指標となりうると考えられた。

Measureing resting energy expenditure in HD patients

Masataka Tsunoda^{*1}, Takashi Chiba^{*1}, Shizuka Omiya^{*2}, Emi Okuda^{*2}, Yukie Nakagawa^{*2}, Takuji Yasuda^{*1}, Yoshinobu Hata^{*1}

Sapporo Social Insurance General Hospital Kidney Internal Medicine Department^{*1} and Nutrition part^{*2}

Malnutrition is prevalent in chronic hemodialysis (HD) patients and is related to multiple factors ; HD procedure itself has been suggested to be a catabolic factor. To examine the possible effect of HD on energy metabolism, resting energy expenditure (REE) and respiratory quotient (RQ) in twenty-three chronic HD patients were measured by using indirect calorimetry before, during and after HD of 4 hours duration. Age-, sex-, and body mass index-matched healthy volunteers were used as control subjects. There were no significant differences in REE and RQ between 2 measurement-days. REE at the start of HD was significantly lower in HD patients. REE did not change significantly during HD. RQ at the start of HD was significantly higher than that in the control. RQ decreased during HD. Then, patients were divided into 2 groups according to the changes in the dry weight (DW), being the patients who had gained DW (group A) and those who had lost DW (group B). REE at the start of HD in group A was significantly higher than that in group B, and RQ in group A at the start of HD was significantly lower. The rate of RQ showed a marked decrease during the dialysis in group B. REE has been become a useful marker for assessing the state of nutrition in HD patients. Moreover, it has the potential to become an index of energy prescriptions (IDPN ; Intradialytic parenteral nutrition), facilitating effective nutrition guidance based on monitoring REE and RQ values.

角 田 政 隆 札幌社会保険総合病院内科・腎臓病 〒004-8618 札幌市厚別区厚別中央 2 条 6-2-1

Masataka Tsunoda Tel : 011-893-3000 Fax : 011-893-4001 E-mail : ssighneph@sapporo-shaho.jp

〔受付 : 平成 17 年 7 月 21 日, 受理 : 平成 18 年 1 月 13 日〕

緒 言

血液透析患者の中には体格に応じた指示栄養カロリーを十分摂取しているにもかかわらず、痩せていく人も多く存在する。血液透析における種々の要因、たとえば蛋白摂取制限やカリウム制限に伴う全体的なカロリー摂取不足や、ホルモンバランスの変化、また透析量不足やダイアライザーの生体適合性、あるいは透析中のアミノ酸やアルブミンの損失などもあいまって、結果的に栄養不足に陥っている患者も多い¹⁾。栄養不足に陥っているにもかかわらず、採血結果において、アルブミンやプレアルブミンなど、従来栄養状態の指標とされている項目には異常のない患者も多い²⁾。

栄養管理において、投与エネルギーを決定したり、投与されているエネルギー量とその組成（糖質、蛋白質、脂質）が適正であるかを判断するのは非常に重要なことである。日本人の場合、実際には身長、体重、年齢、性別から基礎代謝量を予測する「Harris-Benedict 式」を利用したり、厚生労働省の「第 6 次改訂日本人の栄養所要量」を基準にすることが多い³⁾。しかし、エネルギーおよび各栄養素の必要量は、単に患者の年齢、性別、体格だけでなく、筋肉量、体脂肪率などの身長・体重に反映されない要素や疾患に由来するさまざまな病態によって異なる。したがって、個々の患者が必要とするエネルギーを正確に評価し、それに見合う適切なエネルギー量や投与組成の決定をすることが重要となる⁴⁾。

今回の研究で、当院での血液透析患者に対して安静時エネルギー代謝量（REE）および呼吸商（RQ）を測定し、透析患者の栄養状態について考察した。

I. 対象および方法

1. 対象と透析方法

対象は安定維持透析中の外来患者 23 名（男性 13 名、女性 10 名）である。患者群の背景を表 1 に示す。慢性呼吸器疾患や消化器切除後などの栄養吸収障害の患者はいなかった。6 名の糖尿病患者は安定した血糖コントロールを呈している。また、ループス腎炎より腎不全に陥った患者も 1 名いるが、免疫学的には安定し、ステロイド製剤の内服は維持量（PSL 4 mg）のみであった。すべての患者にはあらかじめ用意した用紙を用いて研究の説明を行い、書面にて同意を得た。23 名の年齢、性別、BMI をマッチさせた健常者を選定し、同様に測定を行った。ダイアライザーの膜はポリスル

ホン膜か、トリアセートの膜を使用した。透析液の組成は Na 140 mEq/L, K 2.0 mEq/L, Ca 2.5 mEq/L, グルコース 150 mg/dL, 重炭酸 25 mEq/L である。測定時に感染症などの急性疾患に罹患していた患者はいなかった。また、測定日より前、半年間に入院していた患者はいなかった。

2. 研究プロトコル

本研究は、前向き研究として行われた。プロトコルを図 1 に示す。測定 1 日目（中 2 日、すなわち月曜日か火曜日）に、患者は来院 90 分前に食事摂取をしてもらい、来院後、約 60 分間は安静に過ごさせた。そこで 1 回目の測定を行った。測定後、血液透析を開始し、1 時間後に同様の測定を行った。以後、2 時間目、3 時間目と測定を行い、血液透析終了直前に測定を行い、血液透析を終了した。終了後約 20 分で再び測定を行った。同様の測定をその 2 日後、すなわち中 1 日の状態（水曜日か木曜日）にも行った。1 日目の透析前後、および 2 日目の透析前に採血を行い、その結果も併せて分析した。

測定中、および透析中にそれらを妨害するような事象はなかった。透析の開始および終了は当科の看護師および臨床工学技士が行った。また、REE および RQ は当院の管理栄養士が測定した。管理栄養士によって、患者の食事摂取状況の調査も併せて行われた。

3. 安静時エネルギー代謝量（resting energy expenditure）の測定

REE は呼吸代謝測定装置により間接カロリーメトリ法によって測定された（Vmax シリーズ：日本光電工業株式会社）。まず最初に呼吸の流量をいつも一定の状態に測定できるようにするため、シリンジピストンを用いてフローセンサーを校正した。また、既知の成分のガスをを用いて酸素・二酸化炭素センサーを校正した。患者には測定中、過度に呼吸をしたり、眠ったりしないようにあらかじめ指導した。また、測定中はなるべく体位の変化も行わないように指導した。REE は Weir の式に基づいて計算された⁵⁾。また、RQ は呼気中の二酸化炭素濃度と吸気中の酸素濃度の比を用いて測定した。Harris-Benedict 式を用いて予測代謝量も計算し、実際の結果との違いについても検討した³⁾。

4. 栄養学的評価

食事摂取量を把握することは、入院患者では病院給食の摂取状況から容易にできるが、外来患者では患者の摂取した実際量とそれを評価する管理栄養士サイドに乖離を生じることもあり、全員の患者に 100% の正確性を求めることは現実的に難しい。そこで今回の食事記録調査方法は写真撮影調査と食事記録表を併用し

表 1 Characteristics of the study patients (Pt) and matched control subjects (CTL)

	Pt	CTL	p value
n	23	23	
Male/Female	13/10	13/10	
Age	56.0±16.4	53.7±9.62	0.06
Duration of HD (months)	64.7±43.6	N/A	
Etiology of ESRD			
Hypertension	4	17%	
Glomerulonephritis	9	39%	
DM	6	26%	
ADPKD	2	9%	
Mitochondrial disease	1	4%	
Lupus nephritis	1	4%	
Height (cm)	160.9±8.78	163.5±9.35	0.16
Weight (kg)	50.6±10.3	52.6±9.3	0.23
BMI	19.4±2.82	20.4±2.8	0.25
Serum albumin (g/dL)	3.74±0.22	N/A	

N/A ; not applicable

First measurement hemodialysis day

Second measurement hemodialysis day

... The same protocol

B is breakfast intake; Ad is admission to our hospital; R is keep resting ; S is HD start ; E is HD end ; ①~⑥: They point at each measurement moment.

図 1 Schematic presentation of study design

た²¹⁾.

写真撮影調査とは、摂取した食事を写真に撮り、その内容を把握する調査方法である。患者に使い捨てカメラを渡し、自宅での食事を写真に写してもらい食事摂取量を調査した。写真撮影の際、大きさがよりの確にわかるように名前を記載した A3 用紙を渡し、摂取する食事を用紙の上ののせて撮影してもらった。また、全部摂取したか確認するために摂取後の食事撮影してもらった。同時に食事記録表の記載をしてもらい、管理栄養士が写真と照らし合わせた。

食事記録表を使用しての調査方法とは、患者自身が摂取した食物、飲み物を記録する方法である。1 日に摂取した食物、飲み物、間食など食品を計量（重量、容量）または目安量で記録する。食事記録表としては当院独自に作成したものを使用した。栄養計算は、NA-PROS 栄養管理システム（NEC）を使用した。また、

調査結果の適応については、PCR（protein catabolic rate）と比較し採用とした。今回は対象患者の中からこの栄養調査について賛同を得られた 15 人に対して行った。

5. 体脂肪率の測定

除脂肪量・体脂肪率などは、生体インピーダンス法を用いて身体の抵抗を測定して分析に必要な個人データ（身長、年齢、性別、体重）を利用して体成分の測定・分析を行った（X-SCAN；OWA MEDICAL CO., LTD.）。

6. 統計処理

すべてのデータは平均値±標準偏差を用いて表している。患者群と健常者コントロール群との比較、またドライウェイト増加群と減少群の比較には対応のない Student's t test を用い、また透析経過中の REE や RQ の変化については Fisher's Protected Least Significant Difference による検定を用いた。Simple regression analysis を用いて REE・RQ の変化率を求めた。なお、統計処理ソフトは Statcel を使用した。

II. 結 果

1. Resting energy expenditure

表 2 に示すように、患者群の REE は透析経過を通してコントロール群よりは低値であった。透析前、透析中の平均値、および透析後の各測定結果において、1 日目と 2 日目の REE に有意な差はみられなかった。

それぞれの症例において、「Harris-Benedict 式」より計算した予測 REE を算出したが、表 3 に透析患者の透析開始時 REE の予測 REE に対する割合と、コン

表 2 REE (kcal/min) and RQ measurements of study patients during different periods of measurements versus control subjects

		Pre-HD	Tx-HD	Post-HD	CTL
1st day	REE	0.73±0.09*	0.71±0.11*	0.74±0.11*	0.94±0.16
	RQ	1.01±0.09**	0.89±0.07	0.86±0.09	0.92±0.08
2nd day	REE	0.75±0.13*	0.72±0.13*	0.73±0.13*	
	RQ	1.00±0.09**	0.88±0.08	0.87±0.08	

* : p<0.0001 vs. control ** : p<0.01 vs. control

Pre-HD, prehemodialysis ; Tx-HD, average hemodialysis ;

Post-HD, posthemodialysis ; CTL, normal controls

表 3 The rate of the actual measured REE* for the predicted REE

	Pt (n=23)	CTL (n=23)	p value
Rate (%)	89.0±9.4*	101±12.7	2.4×10 ⁻⁵

*REE at the start of HD

図 2 REE measurements during different hours of hemodialysis. Values are compared with measurements from control subjects. There is no difference for each period of HD procedure. All data are mean±SD. * : p<1.0×10⁻⁸ vs. CTL

トロール群の予測 REE に対する割合の比較を示した。コントロール群は 101±12.7%であったのに対して、患者群の REE の割合は 89.0±9.43%と有意に低値であった。

図 2 に透析経過中のそれぞれの時間における REE の推移を示した。透析経過中、有意な変化はみられなかったが、全経過を通してコントロール群よりは有意に低値であった。

2. Respiratory quotient

RQ は、REE と同様に 1 日目と 2 日目で有意差はみられなかった (表 2)。透析前の RQ は患者群のほうがコントロール群より有意に高値であった。RQ は透析経過とともに減少していった (図 3)。

3. ドライウェイト上昇群と減少群との比較

ドライウェイト上昇維持群は良好な栄養摂取がなされていると予測し、患者を、過去 1 年間におけるドライウェイト上昇群 (A 群)、および減少群 (B 群) に分類してその比較を行った。過去 1 年間でドライウェイ

図 3 RQ measurements during different hours of HD. Values are compared with control subjects. All data are mean±SD.

* : p<0.00001 vs. CTL ; § : p<1.0×10⁻¹⁰ vs. 1st Hr and 2nd Hr ; § : p<1.0×10⁻¹⁶ vs. 3rd Hr, 4th Hr and post HD ; ¶ : p<0.01 vs. 3rd Hr, 4th Hr and post HD.

トの変化がなかった患者は A 群とした。各群のプロフィールを表 4 に示す。A 群と B 群で有意差があったのは、透析歴、血流量、血清トランスフェリンとクレアチニンで、その他の採血データや透析条件、身体測定結果について有意差はみられなかった。

管理栄養士による食事調査を行った患者 (15 名) について摂取カロリー、および蛋白質・脂質・糖質の摂取状況を比較したが、両群間に有意差はみられなかった (表 5)。

表 6 に A 群と B 群の透析開始時の REE, RQ の値、また透析経過中における REE と RQ の変化率の比較をあげた。透析開始時の REE は A 群の方が有意に高く、RQ は有意に低かった。また、透析中の REE の変化率には差はみられなかったが、RQ は B 群の減少する割合が大きかった。図 4 および図 5 に A 群と B 群の透析経過中の REE および RQ の時間経過および A 群と B 群の経過の近似直線を示した。

III. 考 察

透析患者は栄養不足に陥りやすい。最近では MIA 症候群 (MIA ; Malnutrition Inflammation Atherosclerosis) などの概念も広く知れわたるようになったこ

表 4 The comparison of group A and group B

	Group A	Group B	p value
<u>Demographics</u>			
n	10	13	
Age	50.9±22.7	60.0±8.3	0.10
Duration of hemodialysis (M)	82.4±51.9	51.2±31.8	0.04
<u>Body composition</u>			
Height (cm)	162.4±8.17	160.0±9.37	0.24
Dry weight (kg)	52.9±9.42	48.9±11.0	0.18
Body mass index	20.0±2.58	19.0±3.02	0.21
Lean body mass (kg)	45.0±9.0	41.3±8.5	0.16
Body muscle mass (kg)	41.9±8.4	38.4±7.9	0.16
Body fat mass (kg)	7.77±3.7	7.41±4.5	0.42
Body fat ratio (%)	14.8±6.6	14.7±7.2	0.49
<u>Condition of HD</u>			
Temperature of dialysate (°C)	36.6±0.39	36.6±0.12	0.29
Quantity of blood flow (mL/min)	294±25.5	262±34.8	0.011
Body fluid removal rate (mL/min/kg)	9.72±2.95	10.0±3.15	0.64
<u>Baseline biochemistries</u>			
Total protein (g/dL)	6.03±0.40	6.2±0.43	0.16
Serum albumin (g/dL)	3.83±0.19	3.69±0.24	0.07
Transthyretin (mg/dL)	36.1±3.90	32.0±7.67	0.07
Transferin (mg/dL)	233±36.7	184±60.1	0.018
Blood urea nitrogen (mg/dL)	50.4±9.26	51.8±12.5	0.61
Serum creatinine (mg/dL)	12.3±2.2	10.4±2.2	0.02
Uric acid (mg/dL)	7.21±1.43	7.35±1.51	0.59
Sodium (mEq/L)	140±1.85	141±2.86	0.14
Potassium (mEq/L)	4.4±0.66	4.3±0.63	0.31
Calcium (mg/dL)	8.8±0.64	8.8±0.86	0.46
Phosphorus (mg/dL)	4.9±0.83	4.6±0.90	0.21
Calcium phosphate product	43.9±7.33	41.8±7.80	0.25
Cholinesterase (IU/L)	246±45.3	221±41.7	0.09
Total cholesterol (mg/dL)	138±30.3	132±36.4	0.32
Triglyceride (mg/dL)	115±53.1	126±54.8	0.68
HDL cholesterol (mg/dL)	51.3±18.5	41.7±15.4	0.09
Neutrocyte (/μL)	3718±1032	3476±1262	0.31
Lymphocyte (/μL)	1141±336	1185±437	0.6
C-reactive protein (mg/dL)	0.04±0.03	0.12±0.23	0.15
pH	7.303±0.028	7.327±0.040	0.94
pCO ₂ (mmHg)	36.3±2.51	35.9±4.62	0.42
pO ₂ (mmHg)	116.8±38.1	107.7±19.5	0.23
HCO ₃ (mmol/L)	17.8±1.74	18.6±2.48	0.78
sO ₂ (%)	97.7±0.88	97.3±1.97	0.30
KT/V*	1.71±0.30	1.73±0.46	0.54
Normalized protein catabolic rate (g/kg/day)	0.85±0.35	0.96±0.30	0.22
Interval between breakfast and pre-HD (minutes)	152±32	150±26	0.41

Group A : Increase dry-weight over the past one year.

Group B : Decrease dry-weight over the past one year.

*KT/V ; K is the dialyzer clearance of urea in mL/min, T is the duration of the dialysis treatment in minutes, and V is the volume of distribution of urea in mL, on a thrice weekly HD program.

ともあり、透析患者の栄養状態を把握し、適切な対策を立てることが非常に重要と考えるが、従来から知られているアルブミンやコレステロール、また RTP (Rapid turnover protein) であるプレアルブミンなどの採血結果だけで栄養の指標と考えるには不十分であると思われる。

REE は測定時点での安静時に必要とされるエネルギー量である。エネルギー消費量を間接的に計算するには 200 以上の方法が示されているが、汎用されているのは Harris-Benedict の式である⁷⁾。しかし、若年者や体重が標準体重より大きく離れている人では値がずれることがある⁸⁾。REE を測定するには代謝量を測定

表 5 Intake energy and the intake conditions of each nutritive substance

	Group A (n=5)	Group B (n=10)	p value
Energy (kcal/IBW)	31.7±2.9	30.0±8.0	0.33
Protein (g/IBW)	0.93±0.06	0.91±0.27	0.46
Fat (g/IBW)	0.93±0.06	0.87±0.23	0.29
Carbohydrate (g/IBW)	4.4±0.48	4.3±1.22	0.40

*IBW : ideal body weight

表 6 Measured REE and RQ at the start of HD between group A and B and a change rate of REE and RQ during HD

	Group A (n=10)	Group B (n=13)	p value
REE to start HD (kcal/min)	0.79±0.12	0.71±0.10	<0.01
RQ to start HD	0.98±0.10	1.12±0.07	<0.05
Change rate of REE	$-5.7 \times 10^{-5} \pm 0.00027$	$-3.4 \times 10^{-5} \pm 0.00024$	0.62
Change rate of RQ	$-4.1 \times 10^{-4} \pm 0.00033$	$-6.2 \times 10^{-4} \pm 0.00043$	<0.05

図 4 The change during HD of the REE measurements of group A and group B

図 5 The change during HD of the RQ measurements of group A and group B

する部屋の中に被検者を入れ、直接測定する直接カロリーメトリー法と、呼気中のガスを用いて、間接的に測定する間接カロリーメトリー法とがある。間接カロリーメトリー法はベッドサイドで簡便に、患者に大きなスト

レスを与えることなく、REE を測定する方法である。各個人の病態に応じたエネルギー代謝量をリアルタイムに評価できるという利点がある。また、エネルギー代謝量だけでなく、呼吸商からエネルギーの燃焼基質

の割合まで算出が可能になる^{4,5)}。

REE を規定する要因は種々の報告がある。除脂肪量が REE を規定する一番の要因であるという報告があるが、除脂肪量で補正しても健常者群にくらべ腎不全の患者では REE が低い結果が出るとの報告もある^{9,10)}。尿毒素により骨格筋のエネルギー消費が落ちてエネルギー代謝が障害される結果、REE も減少すると報告もある¹¹⁾。しかし、今回の患者群はいずれも安定した維持透析患者であり、透析量も十分であると考えられる。尿毒症症状は呈していない。確かに健常人にくらべ尿毒素は溜まりやすい状態ではあるだろうが、その中でもドライウェイトも変化せずに、比較的安定した状態を保っている患者がいることを考えると、一概に尿毒素のせいだけであるとはいえない。薬剤では、 β -blocker で REE を下げることがあるとの報告もあるが、今回 β -blocker を内服している者はいなかった¹²⁾。

健常者は、食事摂取量が増せば、それに反応して REE も上昇するという報告や、食事摂取低下に対応して REE が低下するとの報告がある^{1,19)}。また、透析患者では透析中に異化亢進が進んだり、透析中にアミノ酸が喪失することにより窒素バランスが負に傾くことが多く、本来ならば通常より高い蛋白エネルギー摂取が必要になるが、リン摂取制限のため蛋白摂取を増加させることができないという事情がある¹⁵⁻¹⁷⁾。さらに、REE と PNA (=protein equivalent of nitrogen appearance) には強い相関がみられるとの報告がある¹⁸⁾。PNA は CKD (=Chronic kidney disease) の患者において、蛋白消費量を評価する指標になる²³⁾。以上から、透析患者の REE が低いのは、まさに蛋白・カロリー栄養不足 (PCM; protein-calorie malnutrition) のためであると考えられる。血液透析患者は慢性的な PCM の状態に、REE を下げることで対応していると思われる。A 群と B 群の比較で、REE に差はみられたが、食事調査や採血結果では差が認められなかった。B 群は A 群よりさらに栄養状態が悪く、REE をさらに下げて対応しているが、透析などのストレスに対応しきれずに痩せていくことが考えられる。このように、REE は栄養状態の指標になりうると考えられ、REE をみながら適正な栄養量を推定していくことが可能になることが考えられる。

RQ は二酸化炭素産生量を酸素消費量で除した比をさす。糖質・脂質・蛋白質はそれぞれ、炭素・酸素・水素原子などの構成割合が異なる。そのため内呼吸のとき、どの栄養素が分解しているかにより、消費される酸素と産生される二酸化炭素の割合が異なる。体細

胞全体で、ある栄養素が主に代謝されているとき、その割合は呼吸にも反映されるはずで、それを表現したのが RQ である。RQ は慢性閉塞性肺疾患 (COPD; Chronic obstructive pulmonary disease) では増加するが、代謝性疾患の代償による血液中二酸化炭素の増減には影響されない²⁴⁾。すなわち、この RQ を知ることにより、生体全体の燃焼エネルギー基質の種類を知ることができる¹³⁾。ちなみに、安静時 RQ は高脂肪食では 0.7 程度であり、普通食では 0.8~0.85 であることが知られている。また、エネルギー産生に糖質が 100% 利用された場合、RQ は 1.0 であり、脂質の利用が多いと 0.71 に近づくということも知られている²²⁾。今回の食事調査では健常者との食事内容の比較は行っていないが、透析開始時の RQ がコントロール群より高いのは、摂取した食事の栄養素の割合が患者群では健常者群と異なり、脂質の摂取割合が低いのではないかということが推測できる。今回の研究でも、透析開始時の RQ は B 群のほうが高かったが、A 群と B 群で食事内容を比較した結果、B 群の脂質摂取が低い傾向にあった。透析中に RQ の低下がみられるが、これにより透析経過とともにエネルギー源として糖質の燃焼割合が多かったものが、内因性脂肪の動因・燃焼へと変化していくことが示唆される。しかし、体内の脂質が少なく、エネルギー代謝を補充するために、筋蛋白の異化が促進し、筋肉量が減少する、すなわち痩せていくことにつながると考えた¹⁴⁾。また、A 群にくらべ、B 群では透析中に RQ の減少していく割合は大きかった。これは、B 群のほうが透析中にエネルギー源として利用できる脂質が少なく、蛋白異化の程度がより大きいため、結果として痩せていくことを示唆すると思われる。

透析中の REE には有意な変化はみられなかったが、A 群と B 群で検討した場合、透析経過における変化は A 群の方が B 群よりも減少する傾向が大きかった。今までの考察から透析中に燃焼基質が糖質から脂質へ移行し、さらには蛋白異化へと転じていくと考えれば、透析中に REE が変化せずに踏みとどまっている患者は透析による体内環境の変化に対応できていると考えられる。図 6 をみると、開始時の REE が低く、かつ透析中の変化率が小さい (つまり、減少していく割合が大きい) グループはほとんど B 群の患者である。開始時の REE を高く持っていけるようにすれば、REE が仮に透析中に減少していくような状態でも、透析中の異化亢進まではおこらず、栄養状態の改善、ドライウェイトの維持につながることが予想された。

以上から、透析患者の REE と RQ について考察したが、透析患者が痩せていくことを防ぐには、透析中

図6 REE at the start of HD and the change rate of REE during the dialysis

の異化亢進をいかに抑えていくかが重要になると思われる。リン摂取制限があるために、栄養指導だけで改善させるのは非常に困難である。最近透析中の栄養補給 (IDPN; intradialytic parenteral nutrition) について、多くの研究がなされ、効果をあげている²⁰⁾。透析中にアミノ酸+ブドウ糖液を投与していく方法であるが、これにより透析中の異化を防いでいくことが示されている。今回の研究で、IDPN を行う理論的根拠が示されたと考える。今後はこの結果を元に、IDPN を施行していく考えである。その際にはアミノ酸、ブドウ糖だけでなく、脂肪製剤の投与も行い、その効果や適切な割合についても考察していく必要があると考える。そして、その場合には REE や RQ が、IDPN の指標になりうる可能性が十分に示唆される。

結 語

今回の研究で、透析患者の REE, RQ について調査・検討を行った。REE・RQ は患者の栄養状態を把握する大きな指標になりうると思う。引き続き症例を増やしていくのと同時に、今回の結果をふまえて積極的に IDPN を導入し、透析患者の栄養状態の改善について検討を進めていく方針である。

文献

- Ikizler TA, Wingard RL, Sun M, Harvell J, Parker RA, Hakim RM : Increased Energy Expenditure in Hemodialysis Patients. *J Am Soc Nephrol* 7 : 2646-2653, 1996
- Mitch WE : Malnutrition : a frequent misdiagnosis for hemodialysis patients. *J Clin Invest* 110 : 437-439, 2002
- Harris JA, Benedict FG : A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Publication No. 279, Carnegie Institution of Washington DC, 1919
- 曹 英樹 : 間接カロリメトリーによるエネルギー消費量計測. *臨床栄養* 105 : 415-420, 2004
- 杉山みち子, 五味郁子 : エネルギー代謝. *臨床検査* 48 : 1031-1037, 2004
- Weir DW : New method for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109 : 1-9, 1949
- McClave SA, Snider HL : Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Nutr Clin Prac* 7 : 207-221, 1992
- Frankenfield DC : The Harris-Benedict studies of human basal metabolism : history and limitations. *J Am Diet Assoc* 98 : 439-445, 1998
- Klausen B, Toubro S, Astrup A : Age and sex effect on energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 65 : 895-907, 1997
- O'Sullivan AJ, Lawson JA, Chan M, Kelly JJ : Body composition and energy metabolism in chronic renal insufficiency. *Am J Kidney Dis* 39 : 369-375, 2002
- Conjard A, Ferrier B, Martin M, Caillette A, Carrier H, Baverel G : Effects of chronic renal failure on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers. *J Am Soc Nephrol* 6 : 68-74, 1995
- Welle S, Schwartz RG, Statt M : Reduced metabolic rate during β -adrenergic blockade in humans. *Metabolism* 40 : 619-622, 1991
- 栄養学ハンドブック編集委員会 : スポーツと栄養. 栄養学ハンドブック, p 1038-1040, 技報堂出版, 東京, 1979
- Lim VS, Ikizler TA, Raj DSC, Flanagan MJ : Does Hemodialysis Increase Protein Breakdown? Dissociation between Whole-Body Amino Acid Turnover and Regional Muscle Kinetics. *J Am Soc Nephrol* 16 : 862-868, 2005
- Ikizler TA, Flakoil PJ, Parker RA, Hakim RM : Amino acid and albumin losses during hemodialysis. *Kidney Int* 46 : 830-837, 1994
- Lazarus MJ : Nutrition in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* 21 : 99-105, 1993

- 17) Bergstrom J, Lindholm B : Nutrition and adequacy of dialysis. How do hemodialysis and CAPD compare? *Kidney Int* 43(Suppl 40) : S39-S50, 1993
- 18) Carla MA, Sergio AD, Maria AK, Maria AD, Fernando ABC, Lilian C : Decreased resting energy expenditure in non-dialysed chronic kidney disease patients. *Nephrol Dial Transplant* 19 : 3091-3097, 2004
- 19) Leibel RL, Rosenbaum M, Hirsch J : Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *N Engl J Med* 332 : 621-628, 1995
- 20) Lara BP, Paul JF, John RB, Deanna KL, Raymond MH, Ikizler TA : Intradialytic parenteral nutrition improves protein and energy homeostasis in chronic hemodialysis patients. *J Clin Invest* 110 : 483-492, 2002
- 21) 金澤良枝, 中尾俊之 : 透析患者の食事摂取量の評価方法. *臨牀透析* 20 : 1543-1548, 2004
- 22) 杉山みち子, 五味郁子 : エネルギー代謝. *臨床検査* 48 : 1031-1037, 2004
- 23) Masud T, Manatunga A, Costonis G, Mitch WE : The precision of estimating protein intake of patients with chronic renal failure. *Kidney Int* 62 : 1750-1756, 2002
- 24) 石坂彰敏 : 慢性閉塞性肺疾患 (COPD) における栄養障害とその治療. *栄養—評価と治療* 20 : 107-115, 2003