

## 癌医療におけるグレリンの包括的 QOL 改善療法の開発研究

研究分担者 寒川 賢治

（国立循環器病研究センター研究所 所長）

### 研究要旨

本研究では、グレリンの抗カヘキシア効果によって癌医療を強力に底上げすることを目的に、化学療法を実施する進行癌、根治術を実施する早期癌患者を対象に、グレリン投与の臨床試験を実施する。基礎研究として、癌モデル動物におけるグレリンの効果を分子レベルで解析する。本年度は、1. 進行肺癌患者の QOL 改善に対するグレリンの臨床効果、2. 食道癌根治手術におけるグレリンによる抗炎症効果の治療応用、3. 進行膵がん患者を対象としたグレリン補充療法の開発に資する研究、4. 高発癌環境におけるグレリンの作用と微小転移巣に対するグレリンの影響、5. 進行肺癌に対するグレリンの臨床応用と抗カヘキシア作用の解明、6. 肝胆道膵手術におけるグレリンの臨床効果のテーマで研究を実施した。

### A. 研究目的

癌治療は総じて大侵襲で癌患者の全身状態や QOL を損ないやすい。グレリンは摂食亢進だけでなく抗炎症など多彩な作用により、化学療法や大侵襲手術に伴う合併症や副作用を軽減することが期待できる。グレリン治療によって癌患者 QOL の改善を図るとともに、癌治療を強力に底上げすることが本研究の目的である。抗癌剤治療による食思不振と摂食低下に伴う栄養障害は、直接患者の苦痛や治療継続の大きな障壁となり、予後不良の要因である。生体内で産生される食欲亢進物質により快適な経口摂取を回復し、栄養状態を改善する事は患者 QOL 改善だけでなく、癌治療に対するコンプライアンスの向上にも有用である。癌医療に応用可能な食欲亢進物質のシーズは今までに存在せず、本研究は学術的に独創性が高く、社会的にもニーズの高いテーマである。

本研究チームはグレリンの発見に引き続いて、摂食亢進、エネルギー蓄積、抗炎症、心機能改善、骨格筋増大などの作用を報告し、さらにトランスレーショナルリサーチによりグレリンの臨床への応用を推進してきた。

今年度までに、抗癌剤を投与した進行癌患者における血中グレリン濃度動態の検討を行い、食欲低下とともにグレリン濃度が低下することを報告し（Int J Clin Oncol, 2011）、大侵襲手術周術期では血中グレリン濃度減少と全身性炎症反応症候群期間に負の相関を認めた（Surg today, 2012）。また、食道癌周術期患者 10 例へのグレリン投与は、術後の炎症を抑制することを確認し（論文準備中）、化学療法を実施した食道癌患者ではグレリン投与で有意に摂食量が増多することを報告した（Cancer, 2012）。

本研究では、癌医療を強力に底上げすることを

目的に、化学療法を実施する進行癌、根治術を実施する早期癌患者を対象として、グレリン投与の臨床試験を実施する。また、基礎研究として、癌モデル動物におけるグレリンの効果を分子レベルで解析する。

## B. 研究方法

### 1. 進行肺癌患者のQOL改善に対するグレリンの臨床効果

これまでの検討で、シスプラチンを中心とした抗癌剤化学療法1コース後に、82%の患者でday2からの7日間に著しい摂食低下を来し、97%の患者で平均1.7kgの体重減少を来していた。

これらの結果を受けて、本年度はグレリン投与の臨床試験を開始する体制を整備し、臨床試験を開始した。研究デザインは二重盲検プラセボコントロール試験とした。抗癌剤治療開始後14日間の摂食量低下抑制を主要評価項目として、抗癌剤治療day2から1日2回、3 $\mu$ g/kgのグレリンを6日間静注投与する。プラセボには同量の生理的食塩水を投与する。

### 2. 食道癌根治手術におけるグレリンによる抗炎症効果の治療応用

本年度は、食道癌根治術施行患者の侵襲軽減に対するグレリンの臨床応用を目指し、以下のような方法で研究を展開した。

- 1) 食道癌根治術施行患者を対象に臨床第I相試験を施行した。また、主要評価項目として、術後合併症発生率、副次的評価項目としてSIRS期間、血液検査所見(CRP, IL-6) 栄養指標(Rapid turnover protein) ホルモン測定を施行した。
- 2) 食道切除胃管再建術後早期におけるグレリン投与の臨床効果に関するランダム化第II相試験を計画した。実薬(合成グレリン0.5 $\mu$ g/kg/h)

と偽薬(生食)の2群に無作為化割付けし、手術開始時から持続的に5日間経静脈的に投与し、合併症発生率、SIRS期間を主要評価項目として安全性と有効性を評価した。副次的評価項目として、手術施行前後の炎症所見(WBC, IL-6, CRP) 栄養指標(Rapid turnover protein) ホルモン測定(GH) 体組成変化(DEXA)を評価した。

### 3. 進行膵がん患者を対象としたグレリン補充療法の開発に資する研究

#### 1) 消化器毒性が用量強度の低下と予後不良に関わる抗がん剤の選定

臨床病理学的に膵がんと診断され、ゲムシタピン耐性進行膵がんの2次治療としてS-1療法を実施した症例のうち、S-1療法の用量(80/100/120mg/day:体表面積に応じて選択)と用法(4週投与2週休薬)が添付文書に従っており、S-1服薬量の経過が追跡可能で臓器機能が保たれている57例を対象とした。

S-1治療期間中の相対的用量強度(relative dose intensity: RDI)を計算して記録し、化療中の有害事象は、有害事象共通用語規準(Common Toxicity Criteria: CTCAE) ver3.0を用いて評価した。

全生存期間(OS)および無増悪生存期間(PFS)は化療開始日を起算日として計算し、RDIと消化器毒性や治療成績との関連について検討を行った。

#### 2) グレリン血中濃度が低値であれば全身化学療法中の消化器毒性が高頻度に認められる現象の確認

2011年から現在まで、病理学的に診断された肝転移を有する進行膵がん患者のうち文書にて研究に同意した症例を対象として、初回化学療法(化療)前にアシルグレリン(A-G)およびデス

アシルグレリン (D-G) 血中濃度を測定し、化療前グレリン濃度と消化器毒性との関係を検討した。化療中の有害事象は、Common Toxicity Criteria ver3.0 を用いて評価した。

### 3) 膵がん組織におけるグレリン関連分子の発現解析

2011 年から現在まで、病理学的に診断された肝転移を有する進行膵がん患者のうち文書にて研究に同意した症例を対象として、診断目的の肝生検時に核酸抽出用組織を別に採取して遺伝子を抽出し、グレリン関連分子の mRNA 発現を検討した。

### 4. 高発癌環境におけるグレリンの作用と微小転移巣に対するグレリンの影響

発がんモデルマウスとグレリン KO マウスを用いて、腸管化学発がんにおけるグレリン遺伝子発現の意義を検証した。

生後 8 週のグレリン KO マウス (n=11) 及び野生型マウス (n=11) に発癌イニシエーターとしてアゾキシメタン (AOM) を腹腔内単回投与し、その 1 週間後から発癌プロモーターとして 2% デキストラン硫酸 (DSS) 1 週間飲水を 3 回反復投与することにより、大腸発癌モデルを作製した。AOM 投与 3 か月経過後、マウスを屠殺・解剖し、発生した腫瘍の数、サイズ及び組織学的検討を行った。また、摘出した腫瘍組織から RNA を抽出し、グレリン及びグレリン受容体の発現を確認した。

### 5. 進行肺癌に対するグレリンの臨床応用と抗カヘキシア作用の解明

本年度は、進行肺癌モデルの作製と再現性確認のため、以下の方法で研究を展開した。

1) 細気管支肺胞上皮特異的に癌抑制遺伝子 Pten を欠損したマウス (10 週齢) に化学発癌剤

(Urethane, 1mg/g body weight) を腹腔内投与した。

2) Urethane 投与 5 ヶ月後にマウスを麻酔し、肺を摘出し、腫瘍数、腫瘍径の測定ならびに組織学的検討を行った。

### 6. 肝胆道膵手術におけるグレリンの臨床効果

ラットモデルにおける担癌、膵液漏モデルにおいてグレリンを投与し、膵液漏を評価する。ヒト肝胆膵癌手術患者での血中グレリンの術後変化を測定する。またグレリン投与による摂食・栄養状態改善を検討する臨床試験を実施する。

### (倫理面への配慮)

本研究においてヒトを対象とした研究を行うに際しては「臨床研究に関する倫理指針」に則って実施し、各分担研究施設の倫理委員会で研究計画書の内容および実施の適否について、科学および倫理的な側面が審議・承認された上で行った。

動物を用いた研究を実施するに当たっては、遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律、動物の愛護及び管理に関する法律、実験動物の飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準に準じ、各分担研究施設の動物実験委員会の承認を得た上で行った。

### C. 研究結果及び D. 考察

#### 1. 進行肺癌患者の QOL 改善に対するグレリンの臨床効果

平成 24 年度は、肺癌患者の QOL に対するグレリンの臨床効果の評価についてランダム化二重盲検比較試験のプロトコールを作成し、倫理委員会の審査、CRF の作製、院内製剤化の体制を整え、臨床試験を開始した。臨床試験の内容は UMIN へ登録し (UMIN000010230)、症例集積を開始した。現在 1 症例への投与が終了している。

本研究は二重盲検プラセボコントロール試験であるため、試験終了後のキーオープンまで結果の解析はできないが、グレリン投与に伴うと考えられる重篤な有害事象は生じていない。平成 25 年度は本研究に協力する分担研究施設を 2 施設追加し、症例エントリーを加速させ臨床試験を完遂する。

## 2. 食道癌根治手術におけるグレリンによる抗炎症効果の治療応用

平成 24 年度は、食道切除胃管再建術後早期におけるグレリン投与の臨床効果に関するランダム化第 相試験のプロトコールを作成し、倫理委員会の審査、CRF の作製、薬剤の準備を行い、臨床試験に着手した。臨床試験の内容は UMIN へ登録し、症例集積を開始した。(UMIN7077)

ランダム化比較第 相試験のため、試験終了まで結果の評価はできないが、これまでに被験者の安全性に問題はなく、臨床試験の継続が可能である。今後症例を集積して、実用化へ向けたエビデンスの確立を目指したい。

- 1) 胃切除後 1 年以上経過し、術前体重の 15% 以上の体重減少を認める、あるいは BMI が 19 以下の患者を対象に、グレリン 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  を 1 日 2 回朝・夕食前に 7 日間点滴静注した。主評価項目として、食事摂取量を測定した。
- 2) 食道切除後 1 年以上経過し、術前体重の 15% 以上の体重減少を認める、あるいは BMI が 19 以下の患者を対象に、グレリン 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  を 1 日 2 回朝・夕食前に 10 日間点滴静注した。主評価項目として、食事摂取量測定を施行した。

## 3. 進行膵がん患者を対象としたグレリン補充療法の開発に資する研究

- 1) 消化器毒性が用量強度の低下と予後不良に関

わる抗がん剤の選定

解析対象となった症例は、57 例であった。  
年齢中央値 (範囲): 62.0 才 (37 - 78)、性別: 男性 33 例 (57.9%)、PS 0 / 1 : 33 例 (57.9%) / 24 例 (42.1%)

S-1 の相対的用量強度 (RDI) の中央値は 90 % (範囲: 10.7 - 115) であった。

CTCAE Grade 2 以上の食欲不振や悪心を認めた症例群の平均 RDI は 65% と 61% であり、食欲不振や悪心 Gr < 2 の RDI (85%, 83%) と比較して低値であった ( $P = 0.002$ ,  $P = 0.005$ )

進行膵がん 2 次化学療法での S-1 療法は、悪心や食欲不振が強い集団は用量強度と治療成績が共に低下していた。この集団にグレリン補充療法を追加することにより消化器毒性が軽減して用量強度が維持されて治療成績が改善することが期待される。

2) グレリン血中濃度が低値であれば全身化学療法中の消化器毒性が高頻度に認められる現象の確認

病理診断にて膵がん肝転移と確定診断され、初発治療として全身化学療法が行われた症例のうち、肝転移の腫瘍生検組織より核酸抽出が行われ、かつ化療前のアシルグレリンおよびデスアシルグレリン濃度が測定できた 27 例を解析した。

年齢中央値 (範囲): 69.1 才 (44.9 - 81.8)、性別: 男性 15 例 (55.6%)、PS 0 / 1 / 2 : 13 例 (48.1%) / 13 例 (48.1%) / 1 例 (3.8%)

アシルグレリン濃度中央値 (範囲): 39.5  $\text{pg}/\text{mL}$  (0.0 - 300.5)

デスアシルグレリン濃度中央値 (範囲): 118.7  $\text{pg}/\text{mL}$  (0.0 - 498.2)

化学療法開始から 3 か月経過し、Common Toxicity Criteria ver3.0 によって有害事象評価が可能であった 25 症例について消化器毒性とグレリン濃度の関連を評価した。

#### アシルグレリン濃度 (範囲)

悪心 Grade 2 以上 : 24.1 pg/mL (0.0 - 75.6)

悪心 Grade 0 / 1 : 42.2 pg/mL (0.0 - 300.5)

P = 0.180

#### デスアシルグレリン濃度 (範囲)

悪心 Grade 2 以上 : 59.4 pg/mL (20.5 - 149.1)

悪心 Grade 0 / 1 : 148.5 pg/mL (0.0 - 498.2)

P = 0.048

化学療法中に悪心が高度であった症例群は、治療前グレリン濃度が低値であった。

グレリン血中濃度低値な症例群は、悪心が増悪するため、グレリン補充療法により悪心を改善させるよい適応と考えられた。

#### 3) 膵がん組織におけるグレリン関連分子の発現解析

肝生検検体より採取した mRNA を用いてリアルタイム RT-PCR を行ったところ、ハウスキーピング遺伝子である GAPDH の Cp 値の中央値は 19.7 サイクル (範囲 : 16.9 - 21.5) と十分な発現を認めたのに比べて、グレリン受容体である成長ホルモン分泌促進因子受容体 1a の Cp 値の中央値は 38.4 サイクル (範囲 : 36.1 - 40.0) とほとんど発現が認められなかった。

膵がん肝転移の腫瘍組織では、グレリン受容体の遺伝子発現をほとんど認められないため、グレリンによる腫瘍組織への作用は考慮しなくてもよいレベルであると考えられた。

#### 4. 高発癌環境におけるグレリンの作用と微小転移巣に対するグレリンの影響

大腸に形成された腫瘍数は野生型マウス群が  $5.1 \pm 2.9$  個 (平均  $\pm$  標準偏差)、グレリン KO マウス群が  $4.7 \pm 3.8$  個であり、両群に差はみられなかった。しかし、腫瘍サイズは KO マウスの方が大きい傾向にあった。グレリン受容体 mRNA は野生型マウス、KO マウスどちらの腫瘍組織でも

GHSR1b が発現していた。また、コントロールマウスの腫瘍組織にはグレリン mRNA の発現を認めた。

グレリン遺伝子発現の有無は大腸化学発癌モデルにおいて発癌頻度には影響しないと考えられ、担癌患者において、グレリン投与が新たな発がんを促進する可能性に対しては否定的な結果であった。今後は野生型マウスの大腸化学発がんに対してグレリン投与が与える影響と血管新生の比較や浸潤炎症細胞の違いなどについて検討を進めたい。

#### 5. 進行肺癌におけるグレリンの抗カヘキシア作用の解明

Pten 欠損マウスはウレタン投与 5 ヶ月後に高率に肺腺癌を発症した。一方、野生型は肺腺種のみ発症し、発症数も少なかった。腫瘍数、腫瘍サイズともに Pten 欠損マウスにおいて増加・増大していた。

ウレタン投与後 38 週まで観察したところ、Pten 欠損マウスは野生型 Pten マウスに比べて有意に体重が少なく ( $p < 0.05$ )、生存率も有意に低かった ( $p < 0.05$ )。

この Pten 欠損肺腺癌カヘキシアマウスに対して、ウレタン投与後 30 週目より、グレリン 20 nmol/日 (グレリン投与群) もしくは PBS (対象群) を連日 4 週間腹腔内投与したところ、グレリン治療群は対象群と比べて、体重 ( $p < 0.05$ )、摂餌量 ( $p < 0.05$ )、内臓脂肪量 ( $p < 0.05$ )、腓腹筋重量 ( $p < 0.01$ ) が有意に増加していた。

さらに、自由摂餌したグレリン投与群と PBS 対照群と同量の摂餌に制限したグレリン投与群では、自由摂餌グレリン群が有意に内臓脂肪量と腓腹筋重量が多く、摂餌制限グレリン群は内臓脂肪量、腓腹筋重量において PBS 対照群と同等であった。

肺腺癌カヘキシアモデル動物においてグレリン投与によりカヘキシアが抑制される可能性が示唆された。

#### 6. 肝胆道膵手術におけるグレリンの臨床効果

ラット膵液漏モデルにおいてグレリンは膵液漏の悪化を惹起しなかった。多彩な消化管分泌刺激をもたらす、消化管蠕動を促進するグレリンであるが、膵液漏モデルで膵液漏を助長することはなかった。

グレリン投与に関する環境整備を確立し、1例介入試験を実施した。グレリンの人への膵切除後長期経過患者への投与は安全性の面で問題はなかった。グレリンは人へ安全に投与できる可能性がある。

#### E. 結論

本研究においては今年度までに2つの介入臨床研究と2つの観察研究を論文化し、グレリンの臨床展開へのエビデンスを蓄積している。

大侵襲手術に伴う全身性炎症反応症候群は術後経過に悪影響を及ぼす。グレリンの抗炎症作用は手術成績の向上や予後改善につながり、大侵襲手術の支持療法として期待できる。進行癌の全身化学療法では、グレリン治療により副作用軽減と栄養改善による抗癌剤治療コンプライアンス改善が期待される。最終年度となる平成25年度はすべての臨床試験を完遂し、癌治療におけるグレリンの効果を実証する。

また、発癌モデルを用いた基礎研究は、腫瘍増大や癌カヘキシアに対するグレリンの作用を *in vivo* で検証することができ、治療適応や新たな臨床展開の足掛かりになることが期待される。

#### F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記入。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1. Yamamoto K, Takiguchi S, Miyata H, Miyazaki Y, Hiura Y, Yamasaki M, Nakajima K, Fujiwara Y, Mori M, Kangawa K, Doki Y. Reduced plasma ghrelin levels on day 1 after esophagectomy: a new predictor of prolonged systemic inflammatory response syndrome. *Surg Today*, 43: 48-54, 2013.
2. Hiura Y, Takiguchi S, Yamamoto K, Takahashi T, Kurokawa Y, Yamasaki M, Nakajima K, Miyata H, Fujiwara Y, Mori M, Kangawa K, Doki Y. Effects of ghrelin administration during chemotherapy with advanced esophageal cancer patients: A prospective, randomized, placebo-controlled phase 2 study. *Cancer*, 118: 4785-4794, 2012.
3. Takiguchi S, Adachi S, Yamamoto K, Morii E, Miyata H, Nakajima K, Yamasaki M, Kangawa K, Mori M, Doki Y. Mapping analysis of ghrelin producing cells in the human stomach associated with chronic gastritis and early cancers. *Dig Dis Sci*, 57: 1238-1246, 2012.
4. Iwasaki E, Suzuki H, Masaoka T, Nishizawa T, Hosoda H, Kangawa K, Hibi T. Enhanced gastric ghrelin production and secretion in rats with gastric outlet obstruction. *Dig Dis Sci*, 57: 858-864, 2012.
5. Tsuchimochi W, Kyoraku I, Yamaguchi H, Toshinai K, Shiomi K, Kangawa K, Nakazato M. Ghrelin prevents the development of experimental diabetic neuropathy in rodents. *Eur J Pharmacol*, 702: 187-193, 2013.
6. Kaiya H, Kangawa K, Miyazato M. What is the general action of ghrelin for vertebrates? - comparisons of ghrelin's effects across vertebrates.

Gen Comp Endocrinol, 181: 187-191, 2013.

7. Hotta M, Ohwada R, Akamizu T, Shibasaki T, Kangawa K. Therapeutic potential of ghrelin in restricting-type anorexia nervosa. Methods Enzymol, 514: 381-398, 2012.
8. Miki K, Maekura R, Nagaya N, Nakazato M, Kimura H, Murakami S, Ohnishi S, Hiraga T, Miki M, Kitada S, Yoshimura K, Tateishi Y, Arimura Y, Matsumoto N, Yoshikawa M, Yamahara K, Kangawa K. Ghrelin treatment of cachectic patients with chronic obstructive pulmonary disease: a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. PLoS One. 7: e35708, 2012.
9. Sugiyama M, Yamaki A, Furuya M, Inomata N, Minamitake Y, Ohsuye K, Kangawa K. Ghrelin improves body weight loss and skeletal muscle catabolism associated with angiotensin II-induced cachexia in mice. Regul Pept, 178: 21-28, 2012.
10. Akamizu T, Kangawa K. The physiological significance and potential clinical applications of ghrelin. Eur J Intern Med. 23: 197-202, 2012.

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

