

# 論文内容の要旨

放送大学大学院文化科学研究科  
文化科学専攻生活健康科学プログラム  
2016年度入学

ふりがな みずい まさと  
(氏名) 水井 雅人

## 1. 論文題目

腹部 CT 検診を用いた内臓脂肪評価の精度管理の研究

## 2. 論文要旨

現代社会の人々は文明の急速な発達によって、身体的運動量の減少と摂取エネルギーの増加に起因する健康へのリスクにさらされている。腹腔内の内臓脂肪蓄積もその一つであり適量を超えた内臓脂肪の蓄積は TNF- $\alpha$  やアンジオテンシノーゲンなどに代表されるいわゆる悪玉のアディポサイトカインを分泌し血管に悪影響を及ぼす。血管への悪影響は心筋梗塞や脳梗塞および脳出血糖尿病などの生活習慣病と深く関与し、これらに罹患する者の QOL 生活の質の低下や健康寿命の短縮、さらに死亡リスクを上昇させる。また我が国の社会保障の観点からも限りある医療費の財源に多大なる影響がある。我が国の内臓脂肪蓄積に対する問題を解決することは、国民全体のヘルスプロモーション向上及び医療費の負担軽減に有効だと言える。

本研究では X 線 CT を用いた内臓脂肪面積評価の有効性を確認し、それを踏まえて撮影精度を被ばくの低減も含めて保証するために必要な撮影条件の解明をした。

最初の検討は、X 線 CT による内臓脂肪評価を男女で比較した。本研究では 197 名の被験者を男女で比較し、各々の脂肪分布の特徴と腹囲計測との評価の比較を行なった。その結果、男性は女性よりも内臓脂肪の蓄積を指摘される人が 2 倍多いが、女性は男性よりも腹囲計測法では見逃される内臓脂肪蓄積症が 2.4 倍多いことが分かった。

次の検討は、内臓脂肪面積と体積の相関についてである。本研究では臍高部の内臓脂肪面積を測定して評価するが、これは腹腔内の総内臓脂肪量を示すものである必要がある。

本研究では 108 名の被験者の内臓脂肪面積と内臓脂肪量を比較した。その結果、内臓脂肪面積は内臓脂肪量と高い相関があり、男女差・内臓脂肪蓄積の有無・高

齡か否かにも左右されないことが分かった。

さらに、内臓脂肪蓄積症と指摘された人に 6 ヶ月後の再検査を指示して、再検査の際に 10%以上の内臓脂肪面積が減少した人の腹囲や体重を調べた。その結果、内臓脂肪面積の減少に成功した人の腹囲や体重は、内臓脂肪減少率と比較しても変わらない、もしくは極めて少ない減少率に留まることが分かった。さらに、これらの被験者の個々の症例を観察すると、内臓脂肪面積は減少したとしても体重や腹囲が増加している例も散見された。つまり、仮に内臓脂肪蓄積症を指摘された被験者が減量の経過観察のために自身で腹囲や体重を指標にその推移を比較した場合でかつ内臓脂肪面積を観察しない場合、効果を自身で確認できない可能性が高い。これは減量に向けて取り組む人にとって、モチベーションを低下をさせる懸念が指摘できる。

ここで腹囲や BMI (体重) を計測することで内臓脂肪面積量を推定できるかどうかという疑問が生じる。次の研究では、腹囲や BMI などの各肥満指標と内臓脂肪面積や皮下脂肪面積との関係を検討した。その結果、腹囲と内臓脂肪との関係は中程度の相関を示すものの、腹囲と皮下脂肪との相関の方が良好で、さらに内臓脂肪面積と皮下脂肪面積を足し合わせた面積と相関が極めて高いことが分かった。これは BMI と内臓脂肪面積・皮下脂肪面積でも同様の傾向となった。更に腹囲と BMI には非常に高い相関があることも分かった。この結果は、臍高部の腹囲を計測する部位には内臓脂肪・皮下脂肪・腰筋・斜腹筋などの筋肉、椎体などの骨が存在し、その大きさに個人差が生じる大部分は内臓脂肪と皮下脂肪である。従って、内臓脂肪と皮下脂肪を足し合わせた面積と腹囲の相関が高いことは理にかなってると言える。

また、内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の存在比についても検討したが、これについても個人差が大きいことが分かった。つまり腹囲を計測したところで、内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の存在比が個人によって異なることが解明されたことによって、腹囲計測では内臓脂肪面積を高精度に推定することは不可能であることが証明された。最終的に、本研究では内臓脂肪面積を正確に評価するには X 線 CT を用いることが重要と結論づけた。

ここで X 線 CT を内臓脂肪面積評価のゴールドスタンダードとして確立するには、撮影精度の保証をする必要がある。一般的に内臓脂肪蓄積症の被験者を X 線 CT を用いて内臓脂肪面積評価を行う場合、定期的に同一部位に X 線を照射して内臓脂肪面積を解析して評価をする必要がある。特に過大な照射線量を被験者に与えると、不要な被ばくが増加する懸念がある。その他にも診療放射線技師による撮影条件の設定が、内臓脂肪面積評価において精度を左右する可能性もある。本研究においては、撮影スライス厚・再構成フィルタ関数・照射線量についてそれぞれの最適な条件を解明し、これらによって生じるコンフリクトを調整して最終的な最適撮影条件を解明した。

初めに最適なスライス厚を解明するために、臨床例からランダムに 30 症例を

抽出し、それぞれの症例に対して画像再構成法を用いて 0.5 mm から 10 mm までのスライス厚に条件を変えてそれぞれの内臓脂肪面積を計測した。その結果、撮影スライス厚は 2 mm の時が最も内臓脂肪面積が高い値となった。一方で画像ノイズの観点から検討すると、3 mm よりもスライス厚が厚い場合は、画像ノイズが不変となった。本研究では被ばくの観点も鑑みて、内臓脂肪計測における最適なスライス厚は 3 mm と結論づけた。

次に最適な再構成フィルタ関数について検討した。臨床症例からランダム 10 症例を抽出し、それぞれの症例に対して画像再構成法を用いて最もソフトな関数から最もハードな関数まで 10 種類の関数を検討した。その結果、ノイズは再構成フィルタ関数によってばらつくものの、それらの内臓脂肪面積は一定の面積を示した。これは、腹部用の再構成フィルタ関数はノイズには影響があるもののその分解能には影響が軽微であり、内臓脂肪面積解析には影響を及ぼさないことを示す。このことより、内臓脂肪面積評価における再構成フィルタ関数は、最もソフトな関数を用いてノイズ量を低減し、照射する X 線量を低減することができる可能性を示した。

撮影精度の保証の検討では、最適な X 線照射線量について検討した。本研究では人体と同等の吸収線量を持つファントムを作成し、照射線量 5mAs から 225mAs まで変化させて撮影した。その結果、45mAs までは線量が増えるにつれて内臓脂肪面積が増加したがそれ以降は内臓脂肪面積は不変だった。本研究において 45mAs はノイズレベルでは 14HU 相当する線量であり、これより少ない線量で撮影をした場合は内臓脂肪面積を過小評価してしまい、これよりも多い線量で照射すると不要な被ばくが増えることが懸念される。ただし、被験者ごとの変動を鑑みて、ノイズレベルは 13HU 程度とすることがよい。

以上のスライス厚・再構成フィルタ関数・照射線量の研究を統合すると、スライス厚は 3 mm を用いて、再構成フィルタ関数は最もソフトな関数を用い、その上でノイズレベルは 13HU に相当する線量で照射することが望ましいと結論付けた。

また、このノイズレベルが 13HU に相当する線量を体格の異なる被験者に照射するための検討も行った。

その結果 BMI を指標として線量を調整することが可能であることも分かった。

本研究は内臓脂肪症候群について X 線 CT を用いた検診における有用性、撮影精度管理を確立するためのアプローチについて多角面のリサーチクエストンを立てて研究を行った。

本研究は診療放射線技師の視点を活用し、医学的な側面にも着目している点で他の研究では設定されることがない技術的な要素を含む。健康長寿は国民の願いだが、ひっ迫する医療財政のためにも最適なヘルスプロモーションが必須である。本研究では X 線 CT を用いた内臓脂肪面積評価が有効であること、X 線 CT の撮影条件を標準化すれば精度が高く被ばく線量も通常の臨床に比較して大

幅に制御できることが示された。

ただし、本研究は解明すべき項目を示し、それぞれにリサーチクエスチョンを設定したうえで解明までのプロセスを踏んでいる。それぞれの研究には得られた結果から結論を導いているが、研究の限界もある。特に相関関係を示す手法を用いた研究が多数あるが、因果関係を必ずしも示すものではない点などにも注意が必要であるといえる。また、X線CT装置を用いた研究では、複数の機種を用いて実施していない点も留意すべきである。今後、研究を進展させる際にはこれらの点についても言及することが望まれる。

本研究に利益相反はない。また、本研究を実施するにあたり研究の実施およびデータを収集した医療機関に設置される倫理委員会にて研究の承認を得ている。

本研究を行うにあたり、たくさんのご指導をいただきました放送大学大学院田城孝雄教授をはじめ、たくさんの方々にご協力いただきました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

## Abstract

The School of Graduate Studies,  
The Open University of Japan

Name Masato Mizui

Study on accuracy control of visceral fat assessment using abdominal CT screening examination

The rapid development of civilization in modern society resulted in a decrease in physical momentum and an increase in intake energy. It contributes to raising health risks. Accumulation of visceral fat exceeding an adequate amount in the abdominal cavity secretes bad adipocytokines such as TNF- $\alpha$  and angiotensinogen, which adversely affects blood vessels. The damage received by the blood vessel is deeply involved with lifestyle diseases such as myocardial infarction, cerebral infarction and diabetes, and the quality of life (QOL) of those suffering from these diseases, the shortening of the healthy life expectancy, and the risk of death increase. In addition, from the viewpoint of social security of Japan, there is a great influence on the financial resources of limited medical expenses. Solving the problem of visceral fat accumulation in Japan is effective for improving the health promotion of the whole people and reducing the burden of medical expenses.

In this study, I aimed to clarify the effectiveness of the visceral fat area evaluation and decide to the suitable imaging condition and reduce radiation dose using X-ray CT.

The first study, I compared visceral fat assessment between male and female using X-ray CT. In this study, 197 subjects were compared between male and female, and fat area and abdominal circumference were compared.

As a result, male has twice as many subjects who point out visceral fat accumulation than female, but visceral fat accumulation disease which cannot be found by female abdominal circumference measurement method is 2.4 times greater than male.

Next study, I examined the correlation between visceral fat area and visceral fat volume. In this study, visceral fat area of umbilicus and visceral fat volume of whole abdomen of the same subject were measured, and it was investigated whether visceral fat area and visceral fat volume correlated or not. I compared visceral fat area and visceral fat volume of 108 subjects. As a result, it was found that the visceral fat area has a high correlation with the visceral fat volume, and it does not affect whether gender difference / presence / absence of visceral fat accumulation / elderly or not.

The third study instructed a person diagnosed with visceral fat accumulation disease a re-examination after 6 months. Among them, I examined the abdominal circumference and body weight of those who had decreased visceral fat area by 10% or more in the re-examination. As a result, it was found that the abdominal circumference and body weight of a person who succeeded in reducing the visceral fat area remained unchanged, or remained at a very small reduction rate, as compared with the visceral fat reduce rate.

In addition, when individual cases were observed, some subjects were observed that body weight and abdominal circumference increased even if the visceral fat area decreased. In other words, when subjects who were pointed out visceral fat accumulation performed comparison only of abdominal circumference or body weight transition as an observation index of the middle course of visceral fat, subjects could not confirm visceral fat reduction.

The question arises as to whether visceral fat area can be estimated by measuring abdominal circumference and BMI (body weight) in the course of research. Therefore, in the next study, I examined the relationship between obesity index such as abdominal circumference and BMI, visceral fat area and subcutaneous fat area. As a result, the correlation between abdominal circumference and visceral fat showed an appropriate correlation, but correlation between abdominal circumference and subcutaneous fat was even better. Moreover, it was found that the correlation between the visceral fat area and the area obtained by adding the subcutaneous fat area was very high. The same trend was found for BMI and visceral fat area / subcutaneous fat area. In addition, abdominal circumference and BMI were found to have very high correlation. From these results, there are individual differences in the size of muscle and vertebra such as visceral fat, subcutaneous fat, lumbar

muscle, oblique abdominal muscle, etc. in the part measuring the abdominal circumference of the umbilical cord height, but these influences are small. The most affect tissues were visceral fat and subcutaneous fat. Therefore, it is reasonable that the correlation between the total area of visceral fat and subcutaneous fat and abdominal circumference is high. I also examined the abundance ratio of visceral fat area and subcutaneous fat area. As a result, it was found that the individual difference was large between the visceral fat area and the subcutaneous fat area ratio.

I conclude that it was proved that it is impossible to estimate the visceral fat area with high accuracy in the abdominal circumference measurement by measuring the abdominal circumference. Finally, in this study it was concluded that it is important to use X-ray CT to accurately evaluate the visceral fat area.

The next aim is to guarantee photographing accuracy to establish X-ray CT as a gold standard of visceral fat area evaluation. In general, subjects with visceral fat accumulation disease evaluate the visceral fat area using X-ray CT, visceral fat areas are analyzed periodically by expose with X-rays. There is concern that particularly unnecessary radiation exposure may increase if an excessively large radiation dose is given.

In addition, the setting of the imaging condition by the radiological technologists may also influence the accuracy in visceral fat area evaluation. I clarified the suitable conditions for the photographed slice thickness, reconstruction filter function, and irradiation dose, adjusted the conflicts caused by these, and clarified the final suitable photographing condition.

First, 30 cases were randomly extracted from clinical cases, and those images were switched to a slice thickness of 0.5 to 10 mm using image reconstruction method. Each visceral fat area was then measured. As a result, when the slice thickness was 2 mm, the visceral fat area was the largest. On the other hand, from the viewpoint of image noise, if the slice thickness is 3 mm or more, the image noise does not change. In this study, in consideration of the influence of radiation exposure, I concluded that suitable slice thickness in abdominal CT is 3 mm for evaluation of visceral fat area.

Next, I examined suitable reconstruction filter function. I extracted 10

random cases from clinical subjects and examined 10 functions from the softest function to the hardest function using image reconstruction method for each case. As a result, although the noise varies depending on the reconstruction filter function, the visceral fat area showed a same area size. This indicates that the abdominal reconstruction filter function affects noise, but its effect is minor and it does not affect visceral fat area analysis. From this fact, the reconstruction filter function of visceral fat area evaluation showed the possibility to reduce noise by using the softest function and reducing the amount of X-ray radiation dose to be irradiated.

In considering the guarantee of the photographing accuracy, the suitable amount of X-ray irradiation was examined. In this study, a phantom with an absorbed dose equivalent to that of the human body was created and photographed at an irradiation dose of 5 mAs to 225 mAs. As a result, the visceral fat area increased as the dose increased to 45 mAs, but thereafter the visceral fat area did not change. In this study, 45 mAs is a dose equivalent to 14 HU at the noise level, I assumed that visceral fat area is underestimated when photographing with less dose than this, unnecessary exposure will increase if the dose is higher. However, considering fluctuation for each subject, it is better to set the noise level to about 13 HU.

I concluded that the slice thickness · reconstruction filter function · radiation dose test is integrated, the slice thickness is 3 mm, the reconstruction filter function uses the softest function, the noise level becomes 13 HU corresponding to the dose. I also conducted a study to irradiate subjects with different body size doses corresponding to this noise level of 13 HU. As a result, I also found that it is possible to adjust the dose using BMI as an indicator.

The purpose of this study is to investigate the usefulness of X-ray CT examination, photographing accuracy control.

This research not only focuses on medical aspects but also utilizes the viewpoint of radiological technologist and includes technical elements that are not set in other research. A healthy life expectancy is a human hope, but optimal health promotion is essential to continuously and properly manage medical funds in our country. In this study, I confirmed that it is a highly accurate method to evaluate the visceral fat area that using X-ray CT. In addition, standardization of the imaging conditions of X-ray CT has been



devised with high precision, and it was found that it is possible to inspect with much lower radiation dose than usual.

# 博士論文審査及び試験の結果の要旨

## 学位申請者

放送大学大学院文化科学研究科  
文化科学専攻生活健康科学プログラム  
氏名 水井 雅人

## 論文題目

『腹部 CT 検診を用いた内臓脂肪評価の精度管理の研究』

## 審査委員氏名

- ・ 主査（放送大学教授 博士（医学）） 田城 孝雄
- ・ 副査（放送大学教授 博士（学術）） 奈良 由美子
- ・ 副査（放送大学教授 医学博士） 山内 豊明  
（ Doctor of Nursing ）
- ・ 副査（昭和大学教授 博士（医学）） 加藤 京一

## 論文審査及び試験の結果

現代社会の人々は、身体的運動量の減少と摂取エネルギーの増加に起因する健康へのリスクにさらされている。腹腔内の内臓脂肪蓄積もその一つであり適量を超えた内臓脂肪の蓄積は TNF- $\alpha$  やアンジオテンシノーゲンなどに代表されるいわゆる悪玉のアディポサイトカインを分泌し血管に悪影響を及ぼす。血管への悪影響は心筋梗塞や脳梗塞および脳出血糖尿病などの生活習慣病と深く関与し、これらに罹患する者の QOL 生活の質の低下や健康寿命の短縮、さらに死亡リスクを上昇させる。

本研究では X 線 CT を用いた内臓脂肪面積の測定法の撮影精度を被ばくの低減も含めて保証する撮影条件の解明を行った。

最初の検討は、X 線 CT による内臓脂肪評価を男女で比較している。197 名の被験者を男女で比較し、各々の脂肪分布の特徴と腹囲計測との評価の比較を行なった。その結果、男性は女性よりも内臓脂肪の蓄積を指摘される人が 2 倍多いが、女性は男性よりも腹囲計測法では見逃される内臓脂肪蓄積症が 2.4 倍多いことを示している。

次に、内臓脂肪面積と体積の相関について検討している。臍高部の内臓脂肪面積を測定して評価しているが、この内臓脂肪面積が、腹腔内の総内臓脂肪量を示すものである必要がある。自験例の 108 名の被験者の内臓脂肪面積と内臓脂肪量を比較した。その結果、内臓脂肪面積は内臓脂肪量と高い相関があり、男女差・内臓脂肪蓄積の有無・高齢か否かにも左右されないことを示した。

さらに、内臓脂肪蓄積症と指摘された者に 6 ヶ月後の再検査を行い、10%以上の内臓脂肪面積が減少した人の腹囲や体重を調べたところ、内臓脂肪面積の減少に成功した人の腹囲や体重は、内臓脂肪減少率と比較しても変わらない、もしくは極めて少ない減少率に留まることが分かった。さらに、これらの被験者の個々の症例を観察すると、内臓脂肪面積は減少したとしても体重や腹囲が増加している例も散見された。

内臓脂肪蓄積症を指摘された被験者が減量の経過観察のために自身で腹囲や体重を指標にその推移を比較した場合、内臓脂肪面積を観察しない場合は、効果を自身で確認できない可能性が高い。これは減量に向けて取り組む人にとって、モチベーションを低下させる懸念を指摘している。

腹囲計測では、内臓脂肪量を高精度に推定することは不可能であることが証明された。特に内臓脂肪蓄積症者が、運動や食事制限などの行動変容を起こした際の内臓脂肪量減少の経過を追跡し、内臓脂肪量減少の効果を判定する指標としては、腹囲測定や体重・BMI より、X 線 CT を用いる臍高部の内臓脂肪面積の測定値が、内臓脂肪面積を正確に評価することができることを示した。

水井氏は、診療放射線技師の視点から、X 線 CT を内臓脂肪面積評価のゴールドスタンダードとして確立するため、撮影精度の検討を行った。内臓脂肪蓄積症の被験者を X 線 CT を用いて内臓脂肪面積評価を行う場合、定期的に同一部位に X 線を照射して内臓脂肪面積を解析して評価をするため、被験者の被ばく量が増加する懸念がある。その他にも診療放射線技師による撮影条件の設定が、内臓脂肪面積評価において精度を左右する可能性があった。水井氏は、撮影スライス厚・再構成フィルタ関数・照射線量についてそれぞれの最適な条件を解明し、これらによって生じるコンフリクトを調整して最終的な最適撮影条件を解明している。

- ① 最適なスライス厚を解明するために、臨床例からランダムに 30 症例を抽出し、それぞれの症例に対して画像再構成法を用いて 0.5 mm から 10 mm までのスライス厚に条件を変えてそれぞれの内臓脂肪面積を計測した。その結果、撮影スライス厚は 2 mm の時が最も内臓脂肪面積が高い値となった。一方で画像ノイズの観点から検討すると、3 mm よりもスライス厚が厚い場合は、画像ノイズが不変となった。この結果から、被ばくの観点も鑑みて、内臓脂肪計測における最適なスライス厚は 3 mm と結論づけた。
- ② 最適な再構成フィルタ関数について検討した。臨床症例からランダム 10 症例を抽出し、それぞれの症例に対して画像再構成法を用いて最もソフトな関数から最もハードな関数まで 10 種類の関数を検討した。その結果、腹部

用の再構成フィルタ関数はノイズには影響があるが、その分解能には影響が軽微であり、内臓脂肪面積解析には影響を及ぼさないことを示した。これから、内臓脂肪面積評価における再構成フィルタ関数は、最もソフトな関数を用いてノイズ量を低減し、照射する X 線量を低減することができる可能性を示した。

- ③ 撮影精度の保証の検討では、最適な X 線照射線量について検討している。人体と同等の吸収線量を持つファントムを作成し、照射線量 5mAs から 225mAs まで変化させて撮影し、45mAs までは線量が増えるにつれて内臓脂肪面積が増加するが、それ以降は内臓脂肪面積は不変であることを示した。ノイズレベルは 13HU 程度とすることがよいことを示した。

以上のスライス厚・再構成フィルタ関数・照射線量の研究を統合すると、スライス厚は 3 mm を用いて、再構成フィルタ関数は最もソフトな関数を用い、その上でノイズレベルは 13HU に相当する線量で照射することが望ましいと結論付けている。

本研究は内臓脂肪症候群の診断について、特に対象者の経過観察の指標として、X 線 CT を用いた内臓面積の測定値が有効であることを示し、その撮影精度管理について研究を行った。診療放射線技師の視点を活用し、X 線 CT を用いた内臓脂肪面積評価が有効であること、X 線 CT の撮影条件を標準化すれば精度が高く被ばく線量も通常の臨床に比較して大幅に制御できることを示した。

本研究は、内臓脂肪症候群（メタボリックシンドローム）の診断と、対象者の経過観察に有効な方策を示し、厚生労働省の特定検診・特定保健指導事業に貢献し、厚生行政、医療経済など、社会に貢献するものであり、重要である。また、放射線診断学の分野で、学問的位置づけが高く、独創的な研究である。

先行研究について、広克的確な検討を行い、さらに自験例の 100 名から 200 名の被験者という第一次資料に基づき、適切な科学的手法で分析を行っている。緻密な研究計画から多くの知見を得て、腹部 CT による臍高部における内臓脂肪面積が、内臓脂肪症候群の病態に影響を与える内臓脂肪量の指標として、特に経過観察の指標として有用なことを示した。さらに、緻密な研究計画を立て、可能な限り被験者の被ばく量を抑え、かつ正確な撮影条件を示して、同測定法の標準化を目指し、合理的でオリジナリティのある結論を導き出した。

論文の著述は、論理的かつ明解である。口頭試問における発表は明解であり、質疑に関して十分な応答がなされた。博士予備論文審査委員会において指摘された事項も修正されていた。

以上から、本論文は、審査委員全員の意見として、優秀な博士論文として採択し、合格とする。

関連論文（すべて査読のある雑誌）

① 論文題目：内臓脂肪評価目的による腹部 CT 法における再構成フィルタ関数の影響

著者氏名： 水井雅人 溝口裕司 落合嘉平 濱田愛弓 田城孝雄 千田 豊  
学術雑誌名： CT 検診  
巻、号、頁： 21 巻、2 号、 50 -56  
発行年月日： 2014 年 9 月発行

② 論文題目：腹部 X 線 CT 法を用いた内臓脂肪評価における最適スライス厚の検討

著者氏名： 水井雅人 溝口裕司 栗島翔平 濱田愛弓 北岡ひとみ  
藤井 亮 野中翔太 中山湧希 田城孝雄 千田 豊  
学術雑誌名：CT 検診  
巻、号、頁：22 巻、2 号、 37 -42  
発行年月日：2015 年 7 月発行

③ 論文題目：自作ファントムを用いた腹部 X 線 CT 法の内臓脂肪面積評価における撮影線量の検討

著者氏名：水井雅人 溝口裕司 北岡ひとみ 千田豊 田城孝雄  
学術雑誌名：CT 検診  
巻、号、頁：24 巻、3 号、 22 -27  
発行年月日：2017 年 8 月発行

④ 論文題目：Visceral Fat Area Evaluation by Computed Tomography Correlates with Visceral Fat Volume

(X 線 CT 法による内臓脂肪面積の評価は内臓脂肪量に相関する)

著者氏名： 水井雅人 溝口裕司 横井正行 千田豊 田城孝雄  
学術雑誌名：Global Journal of Health Science  
巻、号、頁：Vol.9、No.10 、 78 -84  
発行年月日：2017 年 8 月発行