

人工知能（AI）を用いた骨格筋量およびサルコペニアの評価

愛知県がんセンター 内視鏡部

医長 大西 祥代

愛知県がんセンター 消化器内科部

医長 桑原 崇通

愛知県がんセンター システム解析学分野

分野長 山口 類

I. 研究の背景・目的

サルコペニア[1]は、身体的な障害と生活の質の低下、および死などの有害な転帰のリスクを伴うものであり、進行性および全身性の骨格筋量および骨格筋力の低下を特徴とする症候群です。2018年には、European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) [2]において診断基準の改正がされ、筋力や筋肉の質がより注目されるようになりましたがサルコペニアの診断にはいまだ筋肉量の低下の認識が必要とされています。われわれはこれまでに、切除不能食道癌患者のサルコペニア合併例は予後が不良であること[3]や、術前化学療法を施行した胸部食道癌患者の術前サルコペニア肥満が予後に与える影響[4]を報告しています。このことから治療前にサルコペニアを認識し原疾患の治療と同時にサルコペニアへの介入を行うことがリスク軽減になると思われれます。骨格筋量の評価には、DXA法・BIA法・CT/MRIが推奨されています。DXA法は放射線被ばくの問題があり簡単に用いることができず、またBIA法は簡便であるが全身浮腫では正確な診断が困難とされています。研究段階ではCT/MRIでの評価がgold standardといわれています[1]が臨床において筋肉量を測定するソフトを使用しないと骨格筋量が測定できないという欠点があります。特に消化器疾患の場合には治療前にCT/MRIを撮影している症例がほとんどです。人工知能（Artificial intelligence:AI）のアルゴリズムの一つであるdeep learningは、近年技術進歩により画像を直接学習し高度な分類が可能となっています。AIにより治療前に撮影した画像でサルコペニアを診断できることは患者にメリットを与えると考えられその有用性について検討することとしました。

II. 研究対象ならびに方法

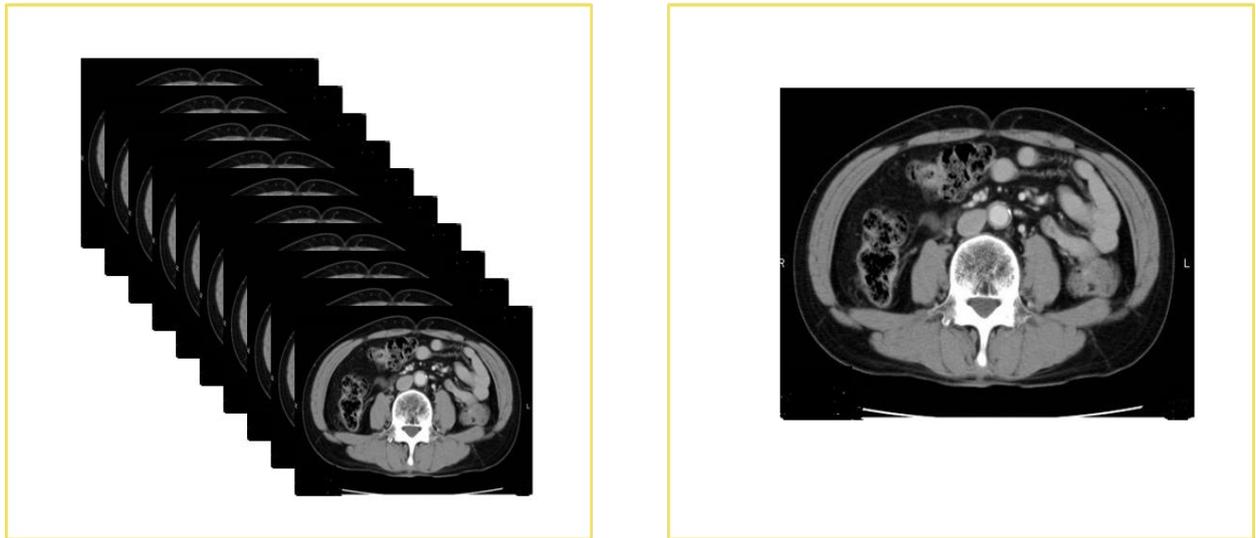


図1

対象は腹部・骨盤CTで第三腰椎レベル(L3)まで撮影・保存され、かつBody Mass Index (BMI)が同時期に測定されている995症例。またはSkeletal Mass Index(SMI)が測定されている800症例を対象としました。L3レベルの総骨格筋面積はSYNAPSE VINCENTを用いて測定し、SMIは(L3総骨格筋面積) / (身長)²で測定しました。

・データ作成方法：データは学習群とテスト群2群に分け、学習群はL3前後10枚ずつを抽出・テスト群はL3のみを抽出しデータ作成を行いました。(図1)

・ラベルの作成

BMI=体重(kg) / (身長)²で算出し、BMI > 22をhigh、BMI ≤ 22をlowと定義しました。またSMIは前述のように(L3領域の総骨格筋面積) / (身長)²で算出し、SMI < 4.2を骨格筋量低下としました。

・画像の収集

画像作成後、画像を左右反転・回転・sharpness・brightness調節・トリミング・マスキングをランダムに行うことで画像を増幅させることでデータの拡張を行いました。これにより画像を100倍に増幅させることが可能となりました。(図2)

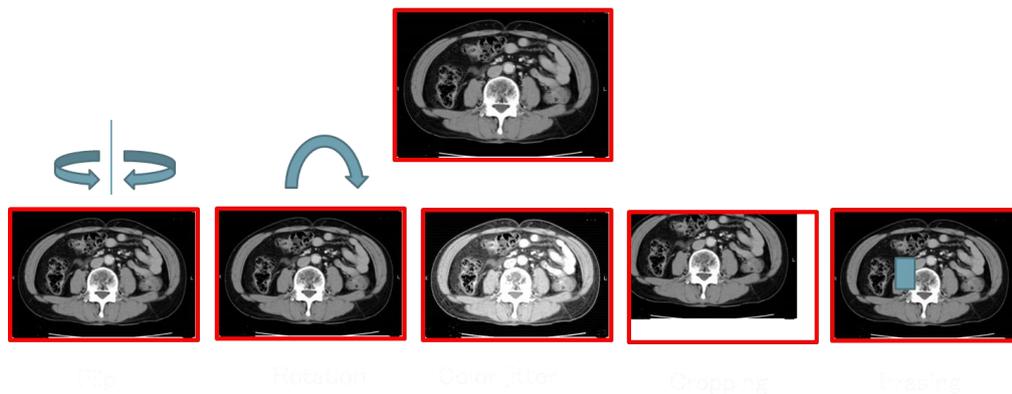


図2

・転移学習

今回、ある領域の知識を別の領域の学習に適応させるという転移学習という手法を用いて学習をさせました。従来であればBMI 判別モデルと SMI 判別モデルを別々に作成していますが、SMI 画像モデルが少ないため精度が低くなる可能性があります。そのため BMI 判定モデルから得られた知識を SMI 判定モデルに適応させる転移学習を行うことで判別精度の向上を図ることができました。

人工知能 (AI) の原理のうち、人工ニューラルネットワーク (ANN) は脳神経系をモデルにした機械学習の一つです。他の予測モデルより簡便かつ高精度に結果を予測することができると言われており、今回は effeient net-b3 をスーパーコンピューターを用いて学習をさせました。

III. 研究結果

1. BMI 推定 AI の精度
2. SMI 推定 AI の精度

の2つの検討項目を設定しました。

1. BMI 推定 AI

BMI 推定 AI995 症例の背景因子は、平均年齢 65.7 歳 (27-93 歳)・性別 (男性:643 人・女性:352 人)、平均BMI $22.6\text{kg}/\text{m}^2$ ($13.0\text{--}48.2\text{kg}/\text{m}^2$)、平均アルブミン値 $4.2\text{g}/\text{dl}$ ($2.4\text{--}5.4\text{g}/\text{dl}$)、平均リンパ球数 $1563.4\ \mu\text{L}$ ($813.0\text{--}20035.0\ \mu\text{L}$)、栄養アセスメントツール Subjective Global Assessment(SGA) (A/B/C) = (867/102/26 人) でした。AI を用いることで CT

画像から 0.13 秒で BMI が high または low かの検出は可能であり、BMI 推定 AI の感度は 87.7%・特異度 90.1%・正診率 92.8%・AUC 0.958 という成績でした。(表 1)

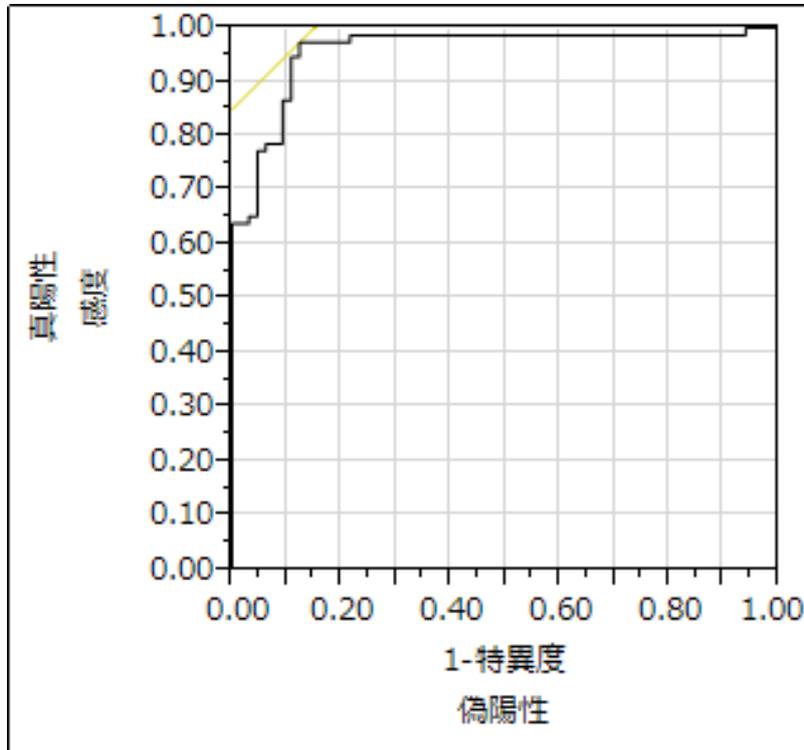


表 1

2. SMI 推定 AI

SMI 推定 AI800 症例の背景因子は、平均年齢 66.4 歳 (36-87 歳)・性別 (男性:659 人・女性:141 人)、平均 BMI21.1kg/m² (13.1-31.5kg/m²)、平均 SMI44.5cm²/m² (18.8-72.5cm²/m²)、平均アルブミン値 4.1g/dl (2.2-5.1g/dl)、SGA (A/B/C) = (578/179/43 人) でした。AI を用いることで CT 画像から 0.135 秒で骨格筋量が低下しているかの検出は可能で、SMI 推定 AI の感度は 88.4%・特異度 88.2%・正診率 84.4%・AUC 0.887 という成績でした。(表 2)

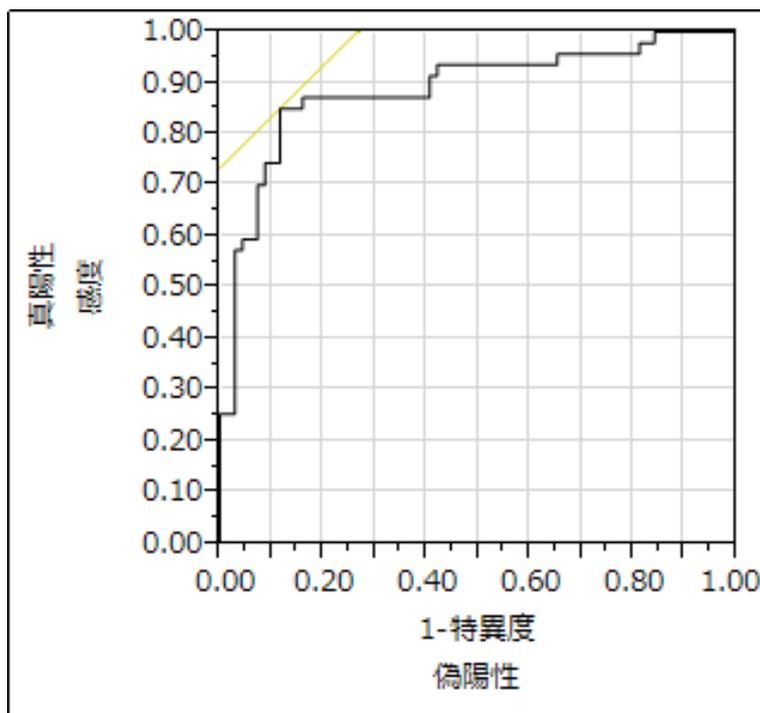


表 2

IV. 考察

BMI や SMI の診断に AI を適応したところ、現時点では正診率はいずれも 80%以上と比較的高い診断能が得られていました。従来であれば骨格筋量の測定には、特定のソフトを必要とし、ソフトの立ち上げから測定までに時間を要するため、1 時間に測定できる症例数も 60 症例前後とサルコペニアの認識に手間と時間がかかっていました。しかしわれわれの AI を用いることで CT の立ち上げと共に数秒でサルコペニアを認識することが可能となり従来の方法で問題となっていたことを克服することが可能となります。ただし、まだ作成 AI による骨格筋認識は十分ではなく、実臨床への応用にはさらに高い診断能が必要であると考えています。

骨格筋量の低下が予後に影響するだけではなく、現在は化学療法の副作用[5]や周術期合併症の予測因子[6]とも報告をされています。今回の我々の研究をさらに精度を上げることで原疾患の診断と同時に誰もがサルコペニアを認識可能となり、原疾患の治療と同時にサルコペニアに対する早期介入や予防策を講じることが可能となり治療関連合併症の軽減を期待できると考えます。また近年の高齢化社会において高齢者機能評価も注目されており高齢者のスクリーニングツールとしても期待できるものになると考えています。

V. 文献

1. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M; European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010 Jul;39(4):412-23. doi: 10.1093/ageing/afq034. Epub 2010 Apr 13.
2. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: *Age Ageing*. 2019 Jul 1;48(4):601.
3. Onishi S, Tajika M, Tanaka T, Hirayama Y, Hara K, Mizuno N, Kuwahara T, Okuno N, Inaba Y, Kodaira T, Abe T, Muro K, Shimizu M, Niwa Y. Prognostic Significance of Sarcopenia in Patients with Unresectable Advanced Esophageal Cancer. *J Clin Med*. 2019 Oct 9;8(10):1647. doi: 10.3390/jcm8101647.
4. Onishi S, Tajika M, Tanaka T, Yamada K, Abe T, Higaki E, Hosoi T, Inaba Y, Muro K, Shimizu M, Niwa Y. Prognostic Impact of Sarcopenic Obesity after Neoadjuvant Chemotherapy Followed by Surgery in Elderly Patients with Esophageal Squamous Cell Carcinoma. *J Clin Med*. 2020 Sep 15;9(9):2974. doi: 10.3390/jcm9092974.
5. Huiskamp LFJ, Chargin N, Devriese LA, May AM, Huitema ADR, de Bree R. The Predictive Value of Low Skeletal Muscle Mass Assessed on Cross-Sectional Imaging for Anti-Cancer Drug Toxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2020 Nov 23;9(11):3780. doi: 10.3390/jcm9113780.
6. Wang H, Yang R, Xu J, Fang K, Abdelrahim M, Chang L. Sarcopenia as a predictor of postoperative risk of complications, mortality and length of stay following gastrointestinal oncological surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 2021 Oct;103(9):630-637. doi: 10.1308/rcsann.2021.0082.

VI. 論文発表

2021年4月16日の第107回日本消化器病学会総会、ワークショップ・2021年11月5

研究実績報告書

日 日本消化器関連学会週間（JDDW）にて当研究についての成果を発表した。現在さらに精度を上げるためデータ解析をすすめており今後論文化を予定している。