

Original article

## Prior bariatric surgery is effective on morbidly obese patients following total knee arthroplasty.

Shingo Iwata<sup>1,2)</sup>, Akeo Hagiwara<sup>2)</sup>, Keiichiro Nakamae<sup>3)</sup>

1) Department of Surgery, Takeda General Hospital, Kyoto, Japan

2) Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyotanabe, Kyoto, Japan

3) Department of Diabetes and Endocrinology, Takeda General Hospital, Kyoto, Japan

Glycative Stress Research 2020; 7 (2): 116-122

(c) Society for Glycative Stress Research

(原著論文 / 症例報告 : 日本語翻訳版)

## 先行減量手術が人工膝関節全置換術に有効であった高度肥満症の1例

岩田辰吾<sup>1,2)</sup>、萩原明於<sup>2)</sup>、中前恵一郎<sup>3)</sup>

1) 武田総合病院外科

2) 同志社大学生命医科学部

3) 武田総合病院内分泌糖尿病科

### 抄録

高度肥満症例に対して内科治療では減量が困難あるいはリバウンドしてしまう場合に肥満手術が有効であることが報告されている。体格指数 (BMI) が 50 kg/m<sup>2</sup> 以上の両側変形性膝関節症に対する整形外科手術は術後合併症が多く機能改善効果が乏しいと言われている。そこで腹腔鏡下袖状胃切除術 (laparoscopic sleeve gastrectomy: LSG) を先行し、十分な体重減少を得た後、両膝の人工関節全置換術 (total knee arthroplasty: TKA) を施行し効果的であった症例を経験したので報告する。症例は 60 歳の男性。初診時体重は 142.3 kg、BMI は 50.8 kg/m<sup>2</sup> と高度肥満を示した。膝痛が継続するため両側の TKA を考慮する必要があり、整形外科医から減量を言明され来院した。既往歴は癲癇、肥満関連合併症は高血圧症、脂質異常症、脂肪肝、睡眠時無呼吸症候群、境界型糖尿病であった。肥満手術リスクの軽減や生活習慣を身に付けるために教育入院し術前減量を行った。LSG を含む減量チーム医療にて肥満手術後は順調に経過し、術後 8 ヶ月で体重は 84 kg となり、初診から 58 kg の減量に成功した。減量手術 10 ヶ月後に左 TKA、さらに 4 ヶ月後に右 TKA を行った。LSG 後には肥満関連合併症は著明に改善した。TKA 後には膝痛は改善、膝の腫脹は消失、歩行距離は延長した。高度肥満症に対し LSG を先行、減量に成功し、合併症なく安全かつ効果的に TKA が施行でき、日常生活動作、生活の質が改善、減量チーム医療の成果が示された。

連絡先：岩田辰吾  
武田総合病院外科

〒601-1495 京都市伏見区石田森南町 28-1

TEL : 075-572-6331 FAX : 075-571-8877 e-mail : s-iwata@takedahp.or.jp

共著者：萩原明於 hagiwara4f@gmail.com; 中前恵一郎 nakamae@mub.biglobe.ne.jp

Glycative Stress Research 2020; 7 (2): 116-122  
本論文を引用する際はこちらを引用してください。  
(c) Society for Glycative Stress Research

**KEY WORDS:** 高度肥満、術前減量、腹腔鏡下袖状胃切除術 (laparoscopic sleeve gastrectomy: LSG)、肥満手術 (bariatric surgery)、人工膝関節全置換術 (total knee arthroplasty: TKA)、変形性膝関節症

## はじめに

肥満者やメタボリックシンドロームの患者は酸化ストレス、糖化ストレスが強く、最近増加しており社会問題化しているため対策を講じる必要がある。高度肥満症に対して内科的治療では効果がないか、あるいは内科的治療を行ってもリバウンドしてしまう症例に対しては外科手術療法が有効であることが知られている<sup>1)</sup>。肥満手術は肥満関連合併症、生活の質 (quality of life: QOL)、死亡率を改善することが知られ<sup>2-4)</sup>、世界的には肥満人口の増加に伴い、肥満手術は増加している<sup>5)</sup>。一方、我が国では肥満手術は一般化しておらず、日本からの論文<sup>6)</sup>は少ないが、高度肥満患者に対する LSG が 2014 年から保険適用となり以後着実に施行件数は増加傾向にある。日本における保険適用要件は 6 ヶ月以上の内科的治療を行っても十分な減量効果が得られず、BMI が 35 kg/m<sup>2</sup> 以上かつ 2 型糖尿病、高血圧症、脂質異常症、睡眠時無呼吸症候群のうちひとつ以上を合併するものとなっている。しかし肥満は変形性膝関節症や腰椎関節異常などの運動器疾患の増悪因子でもある。今回両側の変形性膝関節症のため人工関節全置換術を行う必要が生じたが、高度肥満症のため置換術のリスクが高く、肥満手術を先行させ、減量してから、安全に膝の手術を行うことができた症例を経験したので報告する。

## 症例提示

**症例:** 60 歳男性

**主訴:** 肥満治療目的

**現病歴:** 20 歳時体重 90 kg、28 歳癲癇発作のため内服開始。30 歳で 100 kg、35 歳脳腫瘍摘出術を施行、その頃の体重 110 kg、50 歳頃から膝の痛み増強し整形外科受診、変形性膝関節症と診断される。54 歳で 130 kg となったため内科専門医の指導のもと、減量を試み 20 kg 減量に成功するもリバウンドして 140 kg を越える。膝の症状は悪化し、腰痛も増悪、歩行距離が制限され、人工膝関節置換術を考慮する必要が出てきたが、整形外科医から体重が 90 kg 以下にならないと膝の手術はできないと言われた。そこで再度専門医による減量を試みるも 1 kg の減量に留まった。内科的治療抵抗性を示し、肥満関連疾患として睡眠時無呼吸症候群、高血圧症、脂肪肝を認めたため内科専

門医からも肥満手術を勧められ当科紹介となった。

**既往歴:** 3 歳で癲癇発作、良性脳腫瘍と診断。両変形性膝関節症、高血圧症、重度睡眠時無呼吸症候群、境界型糖尿病、脂肪肝

**手術歴:** 35 歳 脳腫瘍摘出術 以後癲癇発作なし

**家族歴:** 母: 高血圧症 くも膜下出血

**喫煙歴:** なし 飲酒: なし

**内服歴:** 両膝の疼痛: ロキソプロフェンナトリウム Loxoprofen Sodium Hydrate 120 mg/day、レバミピド Rebamipide 200 mg/day、エソメプラゾールマグネシウム水和物 Esomeprazole Magnesium Hydrate 20 mg/day、モサプリドクエン酸塩水和物 Mosapride Citrate Hydrate モサプリド 15 mg/day

癲癇発作: アリピプラゾール Aripiprazol 9~15 mg/day、カルバマゼピン Carbamazepine 800 mg/day、ジアゼパム Diazepam 20 mg/day、エスゾピクロン Eszopiclone 3 mg/day、高血圧症: アジルサルタン Azilsartan 10 mg/day、ニフェジピン CR Nifedipine 60 mg/day。

**初診時現症:** 身長: 167.4 cm、体重: 142.3 kg、BMI: 50.8 kg/m<sup>2</sup> と高度肥満を認めた。血圧 163/78 mmHg (降圧剤内服中)。内分泌検査にて 2 次性肥満は否定できた。心電図は正常範囲であった。Computed tomography では脂肪肝を指摘される以外異常はなかった。

**上部消化管内視鏡検査:** 異常を認めず、ヘリコバクターピロリは陰性だった。

**下部消化管内視鏡検査:** 多発性大腸ポリープ (4 個) を認めポリープ摘出術を行った。病理組織学的検査ではすべて腺腫であった。

**肺機能検査:** % 肺活量 (%vital capacity: %VC) 90.2%、努力肺活量・ゲンスラー (Gaensler) の 1 秒率 (forced respiratory volume 1.0 (sec) % of Gaensler: FEV 1.0 %-G) 80.96% であった。肥満手術のための術前減量後は %VC 98.9%、FEV 1.0 %-G 82.05% までスパイログラムは改善した。

## 倫理基準

本手術を施行するにあたり患者に説明し文書にて同意を得た。本研究はヘルシンキ宣言 (1975 年、1983 年改定) に準拠して、当院の倫理委員会の承諾を得て行った。

## 治療方針

減量目的のために教育入院をしてもらった。教育入院中の目標を以下の如く設定した。①減量を行い、体調を整えること②食事制限に耐えられるかどうかを評価すること③正しい食事の仕方を身に付けること④フォーミュラ食を含む低エネルギー食療法により行動様式の観察・評価をすること⑤より過酷な術後の食事制限に耐えられるかどうかの評価を行うこと⑥減量により内臓脂肪を減らし、脂肪肝により代償性に肥大した肝外側区域を可及的に縮小し、術野を広くして手術をより安全に行えるようにすること。

## 教育入院から手術施行及び術後経過

Fig. 1 に時間経過と体重の変化を示す。肥満手術前の4回の教育入院のうち1回目の入院では食事療法は1,000 kcal/日から開始、体重は142 kg から132 kg と約1ヶ月で10 kg 減少した。一旦1週間退院して2回目の再入院時は体重が130 kg と増加することなく維持していたので2回目も摂取カロリーは1,000 kcal/日から始めた。2回目の入院では体重は130 kg から125 kg へ減少した。3回目の入院でも食事カロリーは1,000 kcal とし、体重は124 kg から118 kg、4回目の入院ではフォーミュラ食を追加し食事の投与量を800 kcal/日に制限した。118 kg から114 kg へと体重が減少し、BMIは40 kg/m<sup>2</sup> 以下となった。教育入院中に食事指導も遵守でき、退院後も体重増加を来さなかったため、肥満手術ができると判断し5回目の入院で手術を予定した。最終的には術前減量のために約3週間の教育

入院を4回繰り返し、食事療法と運動療法を行い、初診時の142.3 kg (BMI = 50.8 kg/m<sup>2</sup>) から114.0 kg (BMI 40.7 kg/m<sup>2</sup>) へ28 kg の減量に成功した。

内臓脂肪測定装置 (HDS-2000: Dualscan、オムロンヘルスケア、京都府向日市) を使用して1回目入院時と術直前の内臓脂肪面積を評価した<sup>7)</sup>。入院時内臓脂肪面積は243 cm<sup>2</sup>、術前減量後は183 cm<sup>2</sup> に改善していた。Table 1 に示すように初診時および手術直前の血液検査データでは肝酵素の異常を示した。最初の教育入院から約4ヶ月後にLSGを行った。

腹腔鏡下スリーブ状胃切除術<sup>8)</sup>：全身麻酔下に胃大弯の幽門輪から4 cm の部位からHis角まで大網を切離した後、内視鏡をガイドにして自動縫合器にて大弯側胃を切離し、細径胃管を作成した。ステープラーラインを補強したのち、内視鏡にて胃内に出血や狭窄がないことを確認した。

術後合併症はなく術後体重は99 kg まで低下し、軽快退院した。

退院後は自宅が遠隔であること、膝痛のため運動療法が出来ないこと、肥満手術の術後ケアが出来る病院が近くないことなどから、体重が103 kg まで増加してきたので、再度教育入院して減量を行った。体重が85 kg (BMI 30 kg/m<sup>2</sup>) と90 kg 以下になったので、左TKA、さらにその4ヶ月後に右TKAを行った。

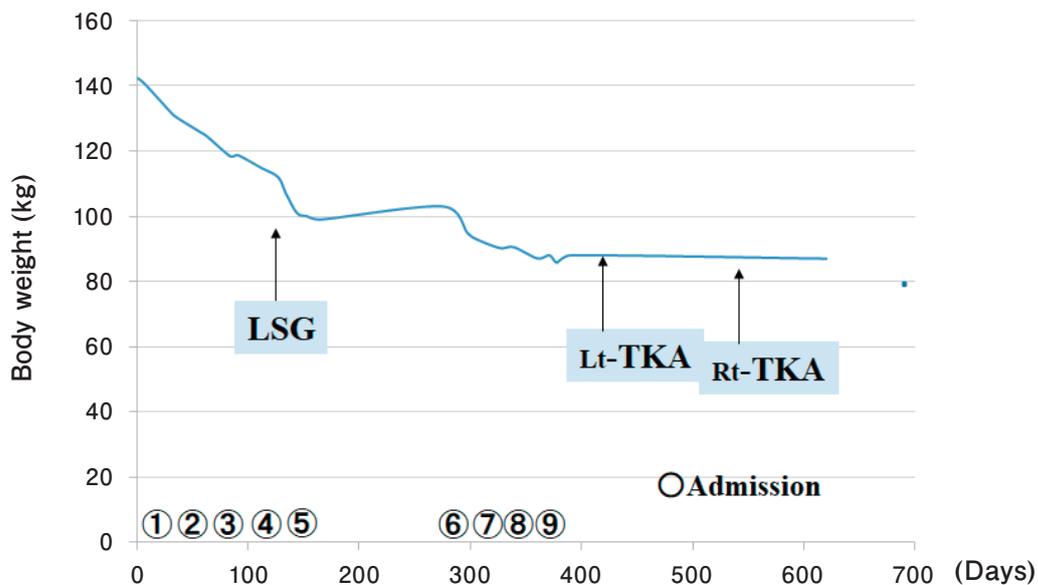


Fig. 1. Clinical course (Changes in body weight)

LSG, laparoscopic sleeve gastrectomy; TKA, total knee arthroplasty.

**Table 1. Laboratory data on first visit, preoperative day 1, and postoperative 17 months.**

		First visit	Pre-LSG 1	Post-LSG 17 M
WBC	/ $\mu$ L	5900	4800	3300
Hb	g/dL	14.8	14.5	13.4
Hct	%	45.3	43.4	40.0
Plt	$\times 10^4$ / $\mu$ L	22.5	18.6	17.7
TP	g/dL	7.8	7.6	6.7
Alb	g/dL	4.7	4.6	4.0
T-Bil	mg/dL	0.5	0.8	0.6
AST	IU/mL	53	70	17
ALT	IU/mL	81	124	16
ALP	IU/mL	340	237	206
LDH	IU/mL	221	167	128
$\gamma$ -GTP	IU/mL	315	158	67
BUN	mg/dL	12	8	11
CRE	mg/dL	0.80	0.71	0.72
T-Chol	mg/dL	189	191	177
HDL	mg/dL	78	67	86
LDL	mg/dL	86	110	91
TG	mg/dL	209	87	56
HbA1c [NGSP]	%	5.7	5.3	5.2
CRP	mg/dL	0.45	0.71	0.09

Pre-LSG 1, day 1 before LSG; Post-LSG 17 M, 17 months after LSG; LSG, laparoscopic sleeve gastrectomy; WBC, white blood cell; Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; Plt, platelet; TP, total protein; Alb, albumin; T-Bil, total bilirubin; AST, aspartate transaminase; ALT, alanine transaminase; ALP, alkaline phosphatase; LDH, lactate dehydrogenase,  $\gamma$ GTP, gamma glutamyl transpeptidase; BUN, blood urea nitrogen; CRE, creatinine; T-Chol, total cholesterol; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; LDL, low-density lipoprotein cholesterol; TG, triglyceride; NGSP, national glycohemoglobin standardization program; CRP, C-reactive protein.

日本整形外科学会が提唱する変形性膝関節症治療成績判定基準 (the Japanese Orthopedic Association score: JOA score) を使用して、初診時、肥満手術後、膝関節置換術後の治療成績を評価した。これは疼痛・歩行能、疼痛・階段昇降能、屈曲角度および強直・高度拘縮、腫脹の4項目を100点満点として点数化した判定基準である<sup>9)</sup>。

初診時は45/100点、肥満手術後10ヶ月では55/100点、両膝術後は90/100点と著明に関節症状は改善した。具体的には初診時は100mから500mの歩行は可能だが疼痛があり、手すりを使っての一步一步の昇降も疼痛あり、110度以上の屈曲は可能だが、頻回に膝の穿刺が必要であった。

肥満手術後・TKA術前は一步一步の昇降も疼痛があるが、手すりを使えば一步一步の昇降は疼痛なしに可能となり、穿刺は時に穿刺が必要な状態に改善した。肥満手術だけでも過剰体重による障害を効果的に改善することができた。

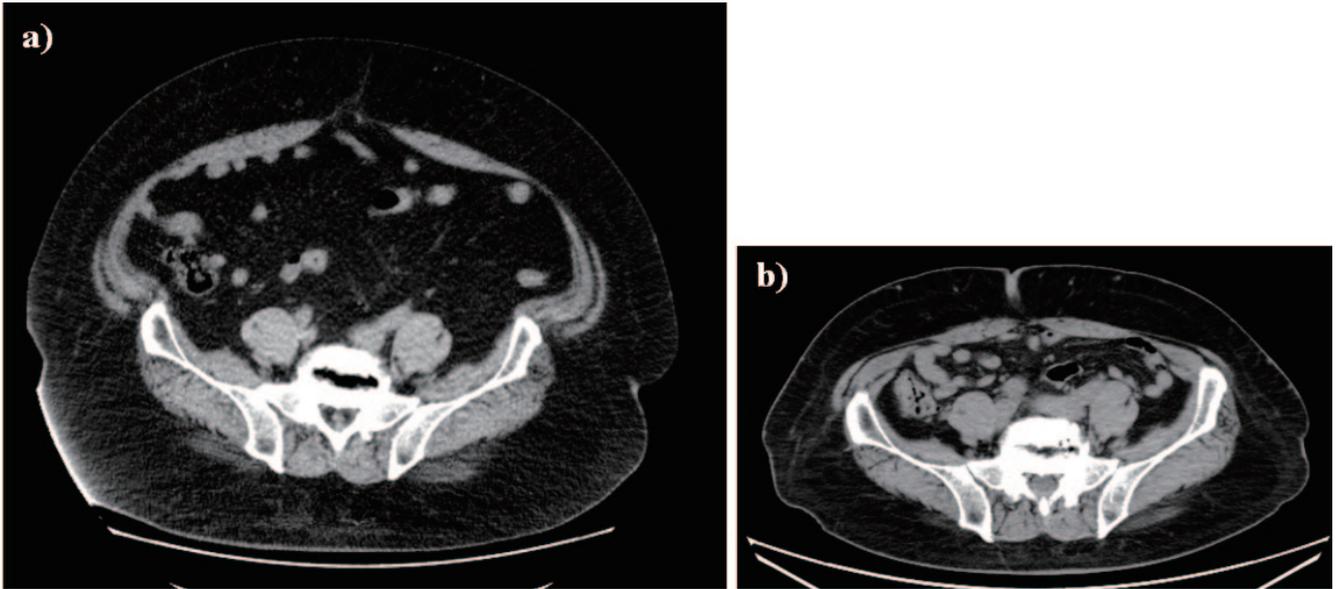
両側のTKA後は1km以上の歩行が可能となり、疼痛なく昇降は自由にできるようになり、横座り・あぐらが可

能な可動域を得て、膝は水腫・腫脹がない状態に著明に改善した。

肥満手術から1年5ヶ月が経過し体重は80kg、初診時から62kg減量、身長168.9cm(初診時より姿勢が良くなり身長が伸びた)、BMI=28.0kg/m<sup>2</sup>となった。**Table 1**の血液検査データに示したように肝酵素異常は正常化した。

内臓脂肪測定装置HDS-2000で測定した内臓脂肪面積は53cm<sup>2</sup>と著明に改善した。**Fig. 2**に示したようにLSG後は著明な内臓脂肪の減少及び腹囲の短縮がみられる。杖を使用しなくても歩行可能になり、膝関節の疼痛のために内服していた鎮痛剤は必要なくなった。血圧は降圧剤なしで正常化した。

初診時 polysomnography で評価した Apnea Hypopnea Index (AHI) は54.7と重度の睡眠時無呼吸症候群を疑わせたが、耳鼻咽喉科的には異常なく、体重減少により睡眠時無呼吸は軽快(AHI 5.0)、睡眠障害(睡眠薬も不要になった)も解消された。



**Fig.2. Abdominal computed tomography.**

a) On first visit. b) 17 months after laparoscopic sleeve gastrectomy. Remarkable decrease of visceral fat is found after surgery.

## 考察

肥満は変形性膝関節症の増悪因子であり、さらに膝の疼痛により運動療法は困難なため肥満度が上昇し悪循環に陥る<sup>10,11</sup>。今回の症例はまさにその典型であり、このままでは悪化の道を進み、車椅子生活を余儀なくされていたであろう。このような肥満患者においてもTKAは変形性膝関節症に対する有用な手術であるがそのタイミングはいつがいいのであろうか。肥満患者は多くの肥満関連疾患を合併しており、TKA術後に術創感染症、術創治癒遅延、深部静脈血栓症、肺血栓塞栓症などの合併症を起こすことが多いとされている<sup>12-17</sup>。

肥満患者ではインスリン抵抗性や高血糖状態が白血球機能を阻害するため、肥満患者の免疫能が減弱、また血管組織が脆弱化し、術創のトラブルが多いとされている<sup>18-22</sup>。したがって高度肥満患者に人工関節全置換術をする場合、減量してからの方が術後合併症は少なく、膝関節の機能改善効果が良いとする論文が多い<sup>23-30</sup>。しかし最近それに疑問を投げかける論文もある<sup>31-34</sup>。

例えばLiら<sup>33</sup>はTKAを予定している肥満患者は減量するように助言されることが多いが、減量しないで手術を受けたとしても、手術による疼痛軽減効果は適正体重の患者と同程度であると報告している。できる限り減量はした方が良いが、関節の痛みを苦しむ高度肥満患者にとって、運動に取り組むのは簡単なことではない。減量に時間がかかり、その間関節の状態は悪化してしまう場合もある。早期に手術を受けることが出来れば、機能も回復し肥満にも対処出来るようになると述べている。この論文からは、肥満者でも正常体重者と同程度の疼痛軽減効果が得られるとも

解釈できるが、肥満は関節置換術後の炎症リスクを増すとされているので術前の減量が必要ないという結論にはつながらない。

BMIが高い患者ではTKA後の合併症が多いとされ<sup>12-17</sup>、特にBMIが $50 \text{ kg/m}^2$ 以上の重度肥満症 (super-obese) では減量してから整形外科手術をする方が成績が良いと報告されている<sup>16,17</sup>。今回の症例もBMIが $50 \text{ kg/m}^2$ を越えていて減量してから膝の手術をする方が手技的にもやりやすいし、術後合併症が少なく、機能改善も期待できると思われるが、実際、本症例はTKA後術後合併症はなく、機能改善も著明に見られた。しかしTKAの前に肥満手術をする効果については肥満手術の術式にも関連して controversial な点があり、より高いレベルの医学的根拠を持った前向き (prospective) 研究が望まれる<sup>35</sup>。

我が国においては肥満手術の件数が世界と比べて少なく、肥満の定義も異なり、民族性も考慮すると、肥満手術を先行し減量してからTKAをした方がいいのかどうか、手術適応や時期についてどうしたらいいのかなどの問題点を議論するためには日本における症例数を集積する必要がある。高度肥満者の膝の手術を行うに際しどの程度の減量が必要かあるいは必要でないのかのランダム化比較試験を行い、日本の基準を決める必要があるだろう。

肥満患者では減量するように言われても内科的治療では上手くいかないケースや、一時的に上手くいっても長続きしない場合が多い。実際今回の症例は内科専門医により $20 \text{ kg}$ の減量に1度は成功しているがリバウンドし、体重は以前より増えてしまっている。再度減量を試みるも $1 \text{ kg}$ の減量しか出来ていない。それに対し肥満手術は確実性の高い減量治療法と言える。

肥満治療において動機付けは重要である。今回整形外科手術を目標にすることで術前減量を着実にいき、外科手術へとつなげた。日常生活動作や生活の質に影響を及ぼす整形外科疾患により運動療法が困難な高度肥満症例においても、肥満外科手術を施行することで過剰体重による障害を効果的に改善することができた<sup>36-38</sup>。さらに肥満関連合併症は改善し内服を中止することが出来たのは医療経済からもそのメリットは大きい<sup>39,40</sup>。わが国ではLSGの保険適用は2型糖尿病、高血圧症、脂質異常症、睡眠時無呼吸症候群のうち1以上を合併するものとなっているが、LSGは高度肥満で整形外科的疾患を有する患者にも有効であると思われる。

## 結論

内科的治療では減量に成功しない高度肥満症例でもLSGにより外科手術療法にて大幅な減量に成功し運動器疾患に対しても症状の改善が見られ、整形外科的手術による根治的治療が望めるようになる可能性が示唆された。

## 利益相反申告

本研究において該当事項はない。

## 参考文献

- 1) Sjöström L, Narbro K, Sjöström CD, et al. Effects of bariatric surgery on mortality in Swedish obese subjects. *N Engl J Med*. 2007; 357: 741-752.
- 2) Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, et al. Bariatric surgery: A systemic review and meta-analysis. *JAMA*. 2004; 292: 1724-1737.
- 3) Schauer PR, Kashyap SR, Wolski K, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy in obese patients with diabetes. *N Engl J Med*. 2012; 366: 1567-1576.
- 4) Sjöström L, Peltonen M, Jacobson P, et al. Bariatric surgery and long-term cardiovascular events. *JAMA*. 2012; 307: 56-65.
- 5) Angrisani L, Santonicola A, Iovino P, et al. Bariatric surgery worldwide 2013. *Obes Surg*. 2015; 25: 1822-1832.
- 6) Sasaki A, Wakabayashi G, Yonei Y. Current status of bariatric surgery in Japan and effectiveness in obesity and diabetes. *J Gastroenterol*. 2014; 49: 57-63.
- 7) Ida M, Hirata M, Odori S, et al. Early changes of abdominal adiposity detected with weekly dual bioelectrical impedance analysis during calorie restriction. *Obesity*. 2013; 21: E350-E353.
- 8) Iwata S, Hagiwara A, Kato H. Early metabolic response after laparoscopic sleeve gastrectomy in obese diabetes. *Glycative Stress Res*. 2016; 3: 186-192.
- 9) Okuda M, Omokawa S, Okahashi K, et al. Validity and reliability of the Japanese Orthopaedic Association score for osteoarthritic knees. *J Orthop Sci*. 2012; 17: 750-756.
- 10) World Health Organization. Fact sheet on obesity and overweight (updated March 2013). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed January 2020).
- 11) Leyland KM, Judge A, Javaid MK, et al. Obesity and the relative risk of knee replacement surgery in patients with knee osteoarthritis. A prospective cohort study. *Arthritis Rheumatol*. 2016; 68: 817-825.
- 12) Amin AK, Clayton RAE, Patton JT, et al. Total knee replacement in morbidly obese patients. *J Bone Joint Surg*. 2006; 88-B: 1321-1326.
- 13) Samson J, Mercer GE, Campbell DG. Total knee replacement in the morbidly obese: A literature review. *ANZ J Surg*. 2010; 80: 595-599.
- 14) Schwarzkopf R, Thompson SL, Adwar SJ, et al. Postoperative complication rates in the super-obese hip and knee arthroplasty population. *J Arthroplasty*. 2012; 27: 397-401.
- 15) Kerckhoffs GMMJ, Servien E, Dunn W, et al. The influence of obesity on the complication rate and outcome of total knee arthroplasty: A meta-analysis and systematic literature review. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94: 1839-1844.
- 16) Naziri Q, Issa K, Malkani AL, et al. Bariatric orthopaedics: Total knee arthroplasty in super-obese patients (BMI > 50 kg/m<sup>2</sup>). Survivorship and complications. *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471: 3523-3530.
- 17) Werner BC, Evans CL, Carothers JT, et al. Primary total knee arthroplasty in super-obese patients: Dramatically higher postoperative complication rates even compared to revision surgery. *J Arthroplasty*. 2015; 30: 849-853.
- 18) Kolterman OG, Olefsky JM, Kurahara C, et al. A defect in cell-mediated immune function in insulin-resistant diabetes and obese subjects. *J Lab Clin Med*. 1980; 96: 534-543.
- 19) Krishnan EC, Trost L, Aarons S, et al. Study of function and maturation of monocytes in morbidly obese individuals. *J Surg Res*. 1982; 33: 89-97.
- 20) Tanaka S, Inoue S, Isoda F, et al. Impaired immunity in obesity: Suppressed but reversible lymphocyte responsiveness. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993; 17: 631-636.
- 21) Fink S, Eckert E, Mitchell J, et al. T-lymphocyte subsets in patients with abnormal body weight: Longitudinal studies in anorexia nervosa and obesity. *Int J Eat Disord*. 1996; 20: 295-305.
- 22) Nieman DC, Henson DA, Nehlsen-Cannarella SL, et al. Influence of obesity on immune function. *J Am Diet Assoc*. 1999; 99: 294-299.
- 23) Parvizi J, Trousdale RT, Sarr MG. Total joint arthroplasty in patients surgically treated for morbid obesity. *J Arthroplasty*. 2000; 15: 1003-1008.
- 24) Werner BC, Kurkis GM, Gwathmey W, et al. Bariatric surgery prior to total knee arthroplasty is associated with fewer postoperative complications. *J Arthroplasty*. 2015; 30: 81-85.

- 25) Kulkarni A, Jameson SS, James P, et al. Dose bariatric surgery prior to lower limb joint replacement reduce complications? *Surgeon*. 2011; 9: 18-21.
- 26) Springer BD, Carter JT, McLawhorn, AS, et al. Obesity and the role of bariatric surgery in the surgical management of osteoarthritis of the hip and knee: a review of the literature. *Surg Obes Relat Dis*. 2017; 13: 111-118.
- 27) McLawhorn AS, Levack AE, Lee Y, et al. Bariatric surgery improves outcomes after lower extremity arthroplasty in the morbidly obese: A propensity score-matched analysis of a New York statewide database. *J Arthroplasty*. 2018; 33: 2062-2069.
- 28) Gong Y, Selzer F, Deshpande B, et al. Trends in procedure type, patient characteristics, and outcomes among persons with knee osteoarthritis undergoing bariatric surgery, 2005-2014. *Osteoarthritis Cartilage*. 2018; 26: 1487-1494.
- 29) Nearing EE, Santos TM, Topolski MS, et al. Benefits of bariatric surgery before elective total joint arthroplasty: Is there a role for weight loss optimization? *Surg Obes Relat Dis*. 2017; 13: 457-462.
- 30) Schwarzkopf R, Lavery JA, Hooper J, et al. Bariatric surgery and time to total joint arthroplasty: Does it affect readmission and complication rates? *Obes Surg*. 2018; 28: 1395-1401.
- 31) Martin JR, Watts CD, Taunton MJ. Bariatric surgery does not improve outcomes in patients undergoing primary total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015; 97-B: 1501-1505.
- 32) Smith TO, Aboelmagd T, Hing CB, et al. Does bariatric surgery prior to total hip or knee arthroplasty reduce post-operative complications and improve clinical outcomes for obese patients? Systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J*. 2016; 98-B: 1160-1166.
- 33) Li W, Ayers DC, Lewis CG, et al. Functional gain and pain relief after total joint replacement according to obesity status. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99: 1183-1189.
- 34) Li S, Luo X, Sun H, et al. Does prior bariatric surgery improve outcomes following total joint arthroplasty in the morbidly obese? A meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2019; 34: 577-585
- 35) Gu A, Cohen JS, Malahias MA, et al. The effect of bariatric surgery prior to lower-extremity total joint arthroplasty: A systematic review. *HSS J*. 2019; 15: 190-200.
- 36) Richette P, Poitou C, Garnero P, et al. Benefits of massive weight loss on symptoms, systemic inflammation and cartilage turnover in obese patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2011; 70: 139-144.
- 37) Groen VA, van de Graaf VA, Scholtes VA, et al. Effects of bariatric surgery for knee complaints in (morbidly) obese adult patients: A systematic review. *Obes Rev*. 2015; 16: 161-170.
- 38) Hamdi A, Albaghdadi AT, Ghalimah B, et al. Bariatric surgery improves knee function and not knee pain in the early postoperative period. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13: 82.
- 39) Sussenbach SP, Padoin AV, Silva EN, et al. Economic benefits of bariatric surgery. *Obes Surg*. 2012; 22: 266-270.
- 40) MaLawhorn AS, Southern D, Wang YC, et al. Cost-effectiveness of bariatric surgery prior to total knee arthroplasty in the morbidly obese. A computer model-based evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 2016; 98: e6.