

e-ISSN: 2345-0592

Online issue

Indexed in *Index Copernicus*

Medical Sciences

Official website:

www.medicsciences.com



The impact of obesity on the quality of medical imaging

Dovilė Barakauskaitė¹

¹Lithuanian University of Health Sciences, Academy of Medicine, Kaunas, Lithuania

Abstract

With the rapid advancement of modern medical technology, diagnostic radiology is becoming more accessible and high quality. However, in some cases its capabilities may be limited by patient-related factors. Obesity can be a significant factor in the quality of medical imaging. It is a complex disease that affects not only a person's appearance but also causes serious health consequences. It is associated with increased risk of developing cardiovascular diseases, diabetes and tumors in certain localizations, such as colon, breast or cervix. It is a disease that is diagnosed when the body mass index (BMI) is above 30 kg/m². Although lately there has been much debate about this unit of measurement, as it does not reflect the distribution of fat in the human body, it remains a quick and cheap tool for doctors to assess whether a patient is obese. Both patient weight and body mass index are important factors that need to be evaluated before a radiological examination. Excessive patient weight and constitutional characteristics compromise not only the quality of image. It also points out the problem of not adapted technology or untrained staff. Computed or magnetic resonance tomography and fluoroscopy examinations may not be performed due to the exceeded table weight limit as they are used in these examinations. Even though medical imaging that requires advanced and expensive technology has become frequently used and available in recent decades, however it has encountered another problem - the inability to adapt to the individual human body. Global trends indicate that the number of obese people is going to rise and conditions that need urgent and high-quality screening are requiring solutions. Technology is improving and new protocols are being installed to achieve the best imaging quality. This article reviews the challenges that are posed by obesity in different radiological studies such as ultrasound, radiography, fluoroscopy, computed and magnetic resonance tomography and discusses their possible solutions.

Keywords: obesity; body mass index; radiology; medical imaging; ultrasound; radiography; fluoroscopy; computed tomography; magnetic resonance tomography

Nutukimo įtaka radiologinių tyrimų kokybei

Dovilė Barakauskaitė¹

¹Medicinos akademija, Lietuvos Sveikatos Mokslų Universitetas, Kaunas, Lietuva

Santrauka

Šiuolaikinėms medicinos technologijoms sparčiai tobulėjant, radiologinė diagnostika tampa vis lengviau prieinama ir kokybiška, tačiau tam tikrais atvejais jos galimybes gali apriboti su pacientu susiję faktoriai. Nutukimas gali būti reikšmingas veiksnys, lemiantis radiologinių tyrimų kokybę. Tai kompleksinė liga, turinti įtakos ne tik žmogaus išvaizdai, bet ir sukelianti rimtas pasekmes sveikatai. Ji siejama su padidėjusia rizika susirgti ne tik širdies ir kraujagyslių ligomis ar cukriniu diabetu, bet ir su tam tikrais navikais, tokiais kaip storosios žarnos, krūtų ar gimdos kaklelio. Nutukimas nustatomas tada, kai kūno masės indeksas (KMI) viršija 30 kg/m². Nors pastaruoju metu kyla daug diskusijų dėl šio matavimo vieneto, kadangi jis neatspindi riebalų pasiskirstymo žmogaus kūne, tačiau gydytojų tarpe jis vis dar išlieka greitu ir pigiu įrankiu norint įvertinti ar pacientas yra nutukęs. Tiek paciento svoris, tiek kūno masės indeksas tampa svarbiu faktoriumi, kurį yra būtina įvertinti prieš planuojamą atlikti radiologinį tyrimą. Dėl per didelės paciento masės ir konstitucinių ypatybių gali nukentėti ne tik vaizdų kokybė, bet ir susiduriama su nepritaikytų technologijų ar neapmokyto personalo problema. Kompiuterinės tomografijos, magnetinio rezonanso tomografijos ar rentgenoskopinis tyrimas gali neįvykti paprasčiausiai dėl to, jog paciento svoris viršija minėtųjų tyrimų metu naudojamų stalų leistiną svorį, todėl paskutiniaus dešimtmečiais išpopuliarėję ir lengvai prieinami tapę sudėtingos, brangios technikos reikalaujantys radiologiniai tyrimai susidūrė su kita problema – nepritaikymu prie įvairaus žmonių kūno sudėjimo. Tačiau pasaulinės tendencijos rodo, jog nutukusių asmenų skaičius didėja, o būklės, reikalaujančios skubaus ir kokybiško ištyrimo, verčia kuo greičiau ieškoti sprendimų. Siekiant gauti kuo geresnę vaizdų kokybę tobulinamos ne tik technologijos, bet ir diegiami nauji protokolai. Šiame straipsnyje apžvelgiami nutukimo keliami iššūkiai tokiose radiologijos srityse kaip ultragarsinis tyrimas, rentgenografija, rentgenoskopija, kompiuterinė ir magnetinio rezonanso tomografija bei aptariami galimi jų sprendimai.

Raktiniai žodžiai: nutukimas; kūno masės indeksas; radiologija; radiologinė diagnostika; ultragarinis tyrimas; rentgenografija; rentgenoskopija; kompiuterinė tomografija; magnetinio rezonanso tomografija

Įvadas

Nutukimas – tai per didelio riebalų kiekio suaugusio žmogaus organizme sukelta liga, kuri nustatoma, kai kūno masės indeksas (KMI) viršija 30 kg/m^2 . Kūno masės indeksas yra svorio ir ūgio kvadratu santykis, kuris plačiai naudojamas norint objektyviai įvertinti žmogaus mitybos būklę bei nustatyti nutukimo laipsnį. Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) pasiūlyta klasifikacija pagal kūno masės indeksą (KMI) pateikta 1 lentelėje. Nuo 1975 metų nutukusių žmonių skaičius pasaulyje patrigubėjo, todėl šią ligą galima laikyti viena iš pagrindinių šių dienų sveikatos problemų [1]. Nutukimas susijęs su trumpesne gyvenimo trukme, rizika susirgti II tipo cukriniu diabetu, arterine hipertenzija, širdies ir kraujagyslių ligomis bei daugeliu kitų ligų, turinčių pasekmių gyvenimo kokybei [2, 3, 4, 5, 6]. Ši būklė kelia

iššūkius ir sveikatos priežiūros sistemai. Nutukimo problema paliečia visas medicinos sritis, tarp kurių yra ir radiologija, atliekanti ypač svarbų vaidmenį diagnostikoje. Dėl per didelės paciento masės ir konstitucinių ypatybių nukenčia ne tik vaizdų kokybė, bet ir susiduriama su nepritaikytų technologijų ar neapmokyto personalo problema. Siekiant kokybiškai atlikti radiologinius tyrimus didelės masės pacientams, yra svarbu išvengti ir nepageidaujamų reiškinių, susijusių su tyrimais. Įrodyta, jog stambesnės kūno sandaros pacientai gauna didesnę apšvitos dozę, nei plonesni pacientai [21]. Taip pat aprašomi atvejai, kai magnetinio rezonanso tomografijos metu įvyksta galūnių nudegimai, kurie yra tiesiogiai susiję su paciento kūno sudėjimu [22, 23]. Šio straipsnio tikslas - apžvelgti nutukimo keliamus iššūkius skirtinguose radiologiniuose tyrimuose bei aptarti galimus sprendimus.

Lentelė 1. PSO kūno masės indekso klasifikacija [33]

Kūno masės indeksas (KMI, kg/m^2)	Mitybos būklės įvertinimas
< 18.5	Per mažas svoris
18.5 – 24.9	Normalus svoris
25.0 – 29.9	Antsvoris
30.0 – 34.9	I laipsnio nutukimas
35.0 – 39.9	II laipsnio nutukimas
≥ 40.0	III laipsnio nutukimas

Iššūkiai medicininei technikai bei vaizdų kokybei

Šiuolaikinėms medicinos technologijoms sparčiai tobulėjant, radiologinė diagnostika tampa vis lengviau prieinama ir kokybiška, tačiau tam tikrais atvejais jos galimybes gali apriboti paciento savybės. Nutukimas gali būti įvardijamas kaip viena iš jų. Dėl išreikšto paciento riebalinio sluoksnio storio nukenčia skirtingų radiologinių tyrimų kokybė, o dėl per

didelių jo apimčių ar masės radiologinis tyrimas gali būti ir neatliekamas.

Ultragarsinis tyrimas

Ultragarsinis tyrimas yra greitas ir efektyvus pasirinkimas norint atlikti ne tik planinį, bet ir skubų daugelio kūno sričių radiologinį ištyrimą [28]. Jis itin dažnai naudojamas siekiant įvertinti pilvo organų, tokių kaip kasos, kepenų, blužnies ar inkstų, būklę. Tačiau lyginant su kitais radiologiniais tyrimais, būtent ultragarsinio

tyrimo kokybė labiausiai nukenčia dėl nutukimo [26]. Ultragarsinių bangų galimybė pasiekti gilius audinius priklauso ne tik nuo naudojamų sekų dažnio, tačiau taip pat ir nuo pilvo srityje esančio riebalinio sluoksnio storio [29]. Jo savybė silpninti ultragarsinių bangų sklaidimą kelia rimtus iššūkius šioje srityje [7]. Nustatyta, jog esant 8 cm storio poodiniam riebalų sluoksniui, net 94% ultragarsinių bangų nepasiekia pilvo ertmės [29]. Tai patvirtina ne tik mokslininkų atlikti tyrimai, tačiau ir gydytojų klinikinė praktika. Deborah D. Brahee ir kt. atlikto tyrimo rezultatai parodė, jog didžioji dalis ultragarsinės diagnostikos specialistų pažymi, kad būtent nutukimas gali būti vienas iš pagrindinių veiksnių, apribojančių kokybiškos pilvo srities ultragarsinės diagnostikos galimybes [8]. Dėl šios ligos prasčiau matomi tulžies pūslės akmenys, kiaušidžių cistos, yra sunkiau vertinti nealkoholinės kepenų steatozės bei lėtinės inkstų ligos dinamiką [8]. Ultragarsinis tyrimas atlieka svarbų vaidmenį ir nėščiųjų priežiūros programoje, tačiau motinos nutukimas gali turėti didelę įtaką šio tyrimo kokybei [9]. Esant per dideliu motinos svoriui labiausiai nukenčia vaisiaus širdies, virkštelės ir jos struktūrų bei stuburo vizualizacija [10]. Dėl tokios nėščios pacientės būklės atsiranda didelė rizika nenustatyti įgimtų vaisiaus anomalijų, o tai neabejotinai gali sukelti rimtų pasekmių tiek tėvams, tiek gydytojams [7].

Rentgenografija ir kompiuterinė tomografija

Rentgenografija ir kompiuterinė tomografija - tai tyrimai, kurie yra itin dažnai naudojami skubios pagalbos skyriuose, tačiau jų galimybes taip pat gali apriboti paciento nutukimas [12].

Didėjant paciento storiui, eksponentiškai didėja rentgeno spinduliuotės srauto silpninimas ir tai atsiliepia rentgenogramų bei kompiuterinės tomografijos vaizdų kokybei [11]. Rentgenogramose stebima sumažėjusi vaizdo skiriamoji geba [12]. Taip pat gali būti stebimi judesio artefaktai, kadangi tokiam pacientui atliekant rentgeno nuotrauką yra naudojama ilgesnė ekspozicijos trukmė, nes rentgeno spinduliai per riebalinį sluoksnį turi nukeliauti ilgesnį kelią [13]. Būtent šis artefaktas dažnai yra įvardijamas kaip viena pagrindinių nutukimo sukeltų problemų rentgenografijoje [31]. Dėl nepakankamos rentgeno spindulių penetracijos per riebalinį sluoksnį kompiuterinės tomografijos tyrimo metu atsiranda padidėjęs triukšmas ir artefaktai [13]. Vienas iš ryškiausių - vadinamas 'fotonų trūkumo' (angl. photon starvation) artefaktas, kuris atsiranda dėl nepakankamo fotonų perdavimo į detektorius, todėl vaizdai gali būti neryškūs [12].

Dėl per didelių paciento matmenų atsiranda tikimybė, jog kompiuterinės tomografijos tyrimo metu dalis skenuojamos srities gali atsidurti už regėjimo lauko (angl. field of view, FOV) ribos. Tokios sąlygos taip pat leidžia atsirasti artefaktams [12]. Šio tyrimo metu naudojami rekonstrukciniai algoritmai gali padaryti išvadą, jog audiniai, esantys už skenavimo zonos ribų, taip pat priklauso skenavimo zonai, todėl gautuose vaizduose yra matomi neįprastai ryškūs kraštai [12].

Tačiau viena iš svarbiausių problemų, kuri iškyla taikant rentgeno spinduliuotę naudojančius tyrimus, yra apšvitos dozė, nes nutukęs pacientas ją gauna žymiai didesnę, nei normalios kūno masės tiriamasis [29, 32].

Magnetinio rezonanso tomografija

Kaip ir kompiuterinės tomografijos atveju, taip ir šiame tyrime problemas sukelia per dideli paciento matmenys. Atliekant magnetinio rezonanso tomografijos tyrimą, paciento kūnas gali atsiderinti už regėjimo lauko (angl. field of view, FOV) ribos. To pasekmė – vadinamasis persidengimo (angl. ‘wrap-around’) artefaktas [13]. Jis galimas tada, kai paciento kūnas taip pat yra už regėjimo lauko. Gautame vaizde matoma, jog už šio lauko ribų buvusi kūno dalis yra projektuojama kitoje ekrano pusėje, todėl gaunamas vaizdas yra netinkamas vertinti. Magnetinio rezonanso tomografijoje stambi kūno sandara sukelia triukšmą ir artefaktus, kurie sumažina vaizdų kokybę, t.y. kontrasto ir triukšmo santykį [13]. Dėl riebalinio sluoksnio padidėja atstumas tarp organų ir tai taip pat turi įtakos gautų vaizdų kokybei, nes sumažina garso ir triukšmo santykį [13]. Atliekant magnetinio rezonanso tomografijos tyrimą tokio sudėjimo pacientams pasitaiko ir komplikacijų. Viena iš jų – terminiai nudegimai [23]. Dažniausia jų priežastis būna metaliniai svetimkūniai tiriamojo kūne, tačiau nutukimo atveju juos gali sukelti paciento odos susiglaudimas (angl. ‘skin-to-skin’ contact) [24, 25].

Medicininės įrangos nepritaikymas ir sunkumai personalui

Prastesnė vaizdų kokybė ir artefaktai nėra vienintelės problemos, susijusios su nutukusių asmenų radiologine diagnostika. Pacientui pasiekus tam tikras kūno masės ar matmenų ribas, kompiuterinės tomografijos, magnetinio rezonanso ar rentgenoskopinis tyrimas gali būti

neatliktas dėl ribotų medicininės įrangos galimybių. Standartinių KT stalų leistino svorio riba yra iki 205 kg, MRT ir rentgenoskopinio tyrimo – 158 kg. [13, 26]. Jas viršijus galima sugadinti minėtųjų tyrimų metu naudojamą tiriamąjį stalą ar jo kėlimo mechanizmą. Svarbu atsižvelgti ir į naudojamos aparatūros gentry angos diametrą. Maksimalus kompiuterinio tomografo gentry angos diametras standartiškai siekia 70 cm, o magnetinio rezonanso tomografo - 60 cm [13, 26]. Esant per siauroms minėtųjų aparatų gentry angoms, pacientas gali netilpti ir dėl to tyrimas taip pat nebus atliktas. Didelė paciento masė ir matmenys sukelia problemas ne tik pritaikant diagnostinę įrangą, tačiau komplikuoja ir medicininio personalo darbą. Daugelis įstaigų dar nėra spėję prisitaikyti prie įvairių pacientų, todėl tokie išskirtiniai atvejai gali sukelti sunkumų atvežant pacientą į diagnostikos skyrių, taip pat perkeliant jį ant tiriamojo stalo [13]. Tokios situacijos pareikalauja ne tik laiko, bet ir kitų pacientų kantrybės.

Sprendimai

Pasaulinės tendencijos rodo, kad nutukusių asmenų skaičius tik didėja, o būklės, reikalaujančios skubaus ir kokybiško ištyrimo, verčia ieškoti sprendimų jau šiandien. Nenustatyta diagnozė, neįvykęs ištyrimas dėl nepritaikytos technikos ar nepatogios situacijos tarp paciento ir medicininio personalo – tai problemos, kurių galima išvengti [27]. Tai įmanoma padaryti ieškant būdų kaip įveikti riebalinį sluoksnį bei išvengti jo sukiamų artefaktų, atsižvelgti į paciento matmenų

keliamus iššūkius ir tam pritaikyti medicininę techniką.

Ultragarsinis tyrimas

Norint tai padaryti ultragarsinio tyrimo metu, pirmausia yra rekomenduojama naudoti mažesnio dažnio sekas, nes tokiu atveju daugiau ultragarso bangų gali prasiskverbti pro riebalinį sluoksnį į gilesnius audinius, organus bei kraujagysles [9, 12]. Taip pat yra siūloma naudoti harmoninio audinių vaizdo metodą ir specialius filtrus (pvz., 'speckle reduction' filtra), kurie leidžia net tik pasiekti gilesnius audinius, tačiau ir pagerinti gautų vaizdų kokybę [9, 12]. Lateralinė gulima pozicija taip pat gali sumažinti riebalinį sluoksnį ir taip pagerinti ultragarsinių spindulių skvarbą į pilvo organus [30]. Šiuos metodus galima taikyti ir nėščiąjų ultragarsinės diagnostikos metu [7]. Esant galimybei yra rekomenduojama peržiūrėti jau atliktų radiologinių tyrimų vaizdus (kompiuterinės tomografijos ar magnetinio rezonanso tomografijos) ir įvertinti esamo riebalinio sluoksnio storį, kad būtų galima pasirinkti tinkamus ultragarsinio aparato parametrus bei tinkamai interpretuoti matomus vaizdus [13].

Rentgenografija ir kompiuterinė tomografija

Siekiant gauti geresnės kokybės vaizdus tokiuose tyrimuose kaip rentgenografija ar kompiuterinė tomografija, yra reikalinga didesnė apšvitos dozė [14]. Tačiau būtent tai ir kelia problemas, nes visada turi būti atsižvelgiama į pagrindinius optimalaus jonizuojančios spinduliuotės naudojimo aspektus, kuriuos nurodo Tarptautinis

radiologinės saugos komitetas (ICRP) [15]. Taigi, pagrindinis siekis, kurį nutukimas kelia jonizuojančią spinduliuotę sukeliančiuose tyrimuose, yra išgauti kokybišką vaizdą nedidinant apšvitos dozės. Rentgenologinio tyrimo metu tai galima padaryti taikant rentgeno spinduliuotės pluošto sutelkimą į dominančią sritį arba naudojant tinklelius [14, 16]. Taip pat galima pozicionuoti pacientą taip, kad arčiausiai vaizdo priimtuvo esanti kūno dalis turėtų ploniausią riebalinį sluoksnį [17]. Norint išvengti didesnės apšvitos kompiuterinės tomografijos tyrimo metu, yra rekomenduojama naudoti naujai pritaikytus rekonstrukcinius algoritmus, kurie padeda pagerinti vaizdų kokybę nenaudojant didesnės apšvitos [17].

Kompiuterinės ir magnetinio rezonanso tomografijos įrangos pritaikymas

Imtasi spręsti ir problemas, susijusias su per didele pacientų mase. Diagnostinės įrangos rinkoje atsirado kompiuterinės tomografijos aparatūros stalai, kurių leistinas maksimalus paciento svoris, kurį aparatas gali pakelti, jau siekia 308 kg [18]. Taip pat tobulinami magnetinio rezonanso ir rentgenoskopijos stalai, kurių maksimalus svorio limitas jau yra net 249 kg [17]. Problemą dėl per didelių pacientų matmenų pradėta spręsti gaminant platesnes gentry angas turinčius kompiuterinės tomografijos ir magnetinio rezonanso tomografijos aparatus. Kompiuterinių tomografų angos jau siekia 80 cm, o magnetinio rezonanso tomografų – 70 cm [17]. Siekiant išvengti nesklendimų, susijusių su per dideliais paciento matmenimis, naudojami ir atviro tipo magnetinio rezonanso tomografai. Šie aparatai ne visiškai apsupa pacientą, todėl yra tinkami ne

tik didelės kūno masės pacientams, bet ir vaikams arba asmenims, turintiems klaustrofobiją [19]. Naudojant šio tipo aparatus, gauti vaizdai pasižymi žemesne, tačiau pakankama kokybe. [19]

Per dideli paciento matmenys kelia iššūkius ir dėl to, jog kompiuterinės tomografijos ir magnetinio rezonanso tyrimo metu kūnas išeina už regėjimo lauko ribų, todėl norint to išvengti, yra rekomenduojama teisingai pozicijuoti pacientą, kad kūnas ar visa dominanti sritis patektų į skenavimo zoną, o esant galimybėms taip pat galima taikyti ir algoritmus, kurie leidžia atlikti platesnių ribų rekonstrukcijas [12]. Deja, net ir naudojant naujos kartos tomografus, leidžiančius atlikti tyrimus su didesniu regėjimo lauku, galimi judesio artefaktai, kadangi tyrimas užtrunka ilgiau [20].

Apibendrinimas

Nors yra žinoma, jog padidėjusią kūno masę gali lemti genetinis polinkis ar tam tikros ligos, tačiau be šiuolaikinio gyvenimo būdo bei mitybos pokyčių tokia problema kaip nutukimas nebūtų atsiradusi. Prevencijos užtikrinimas šioje srityje yra būtinas, tačiau teigiami rezultatai reikalauja laiko, o būti pasiruošus suteikti medicininę pagalbą bei kokybišką diagnostiką nutukusiems pacientams reikia jau šiandien. Tai yra būklė, kuri kelia nemažus iššūkius radiologinėje diagnostikoje, todėl sveikatos priežiūros įstaigos turi būti aprūpintos reikalinga technika, o specialistai – paruošti darbui su tokiais pacientais, nes turi būti garantuojama ne tik vaizdų kokybė, bet ir pacientų saugumas. Taip būtų užtikrinamas kokybiškų sveikatos priežiūros paslaugų prieinamumas ir šia liga sergantiems asmenims.

Literatūros sąrašas

1. World Health Organization. Obesity and overweight. 2006. Available at: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html. Accessed September 8, 2019
2. Peeters A, Barendregt JJ, Willekens F, Mackenbach JP, Mamun AA, Bonneux L, et al. Obesity in Adulthood and Its Consequences for Life Expectancy: A Life-Table Analysis. *Ann Intern Med.* 2003;138:24–32.
3. Frank B. Hu, M.D., JoAnn E. Manson, M.D., Meir J. Stampfer, M.D., Graham Colditz, M.D., Simin Liu, M.D., Caren G. Solomon, M.D., and Walter C. Willett, M.D. Diet, Lifestyle, and the Risk of Type 2 Diabetes Mellitus in Women. *N Engl J Med* 2001; 345:790-797.
4. June M Chan, Eric B Rimm, Graham A Colditz, Meir J Stampfer, Walter C Willett. Obesity, Fat Distribution, and Weight Gain as Risk Factors for Clinical Diabetes in Men. *Diabetes Care* Sep 1994, 17 (9) 961-969.
5. Huang Z, Willett WC, Manson JE, Rosner B, Stampfer MJ, Speizer FE, et al. Body Weight, Weight Change, and Risk for Hypertension in Women. *Ann Intern Med.* 1998;128:81–88.
6. Wilson PWF, D'Agostino RB, Sullivan L, Parise H, Kannel WB. Overweight and Obesity as Determinants of Cardiovascular

- Risk: The Framingham Experience. Arch Intern Med. 2002;162(16):1867–1872.
7. Paladini, D. (2009), Sonography in obese and overweight pregnant women: clinical, medicolegal and technical issues. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 33: 720-729.
 8. Brahee, Deborah D., Chinwe Ogedegbe, Cynthia Hassler, Themba Nyirenda, Vikki Hazelwood, Herman Morchel, Rita S. Patel, and Joseph Feldman. "Body Mass Index and Abdominal Ultrasound Image Quality: A Pilot Survey of Sonographers." *Journal of Diagnostic Medical Sonography* 29, no. 2 (March 2013): 66–72.
 9. Paladini, D. (2009), Sonography in obese and overweight pregnant women: clinical, medicolegal and technical issues. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 33: 720-729.
 10. Wolfe HM, Sokol RJ, Martier SM, Zador IE. Maternal obesity: a potential source of error in sonographic prenatal diagnosis. *Obstet Gynecol* 1990;76:339–42.
 11. McKetty, M.H. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. X-ray attenuation. *Radiographics*. 1998;18:151–163
 12. Michael J. Modica, Kalpana M. Kanal, and Martin L. Gunn. The Obese Emergency Patient: Imaging Challenges and Solutions. *RadioGraphics* 2011 31:3, 811-823
 13. Raul N. Uppot, Dushyant V. Sahani, Peter F. Hahn, Debra Gervais, and Peter R. Mueller. Impact of Obesity on Medical Imaging and Image-Guided Intervention. *American Journal of Roentgenology* 2007 188:2, 433-440
 14. Robert A. Parry, Sharon A. Glaze, and Benjamin R. Archer. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents. *RadioGraphics* 1999 19:5, 1289-1302
 15. International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann ICRP*. 2007; 37: 1–332
 16. G T Barnes. Contrast and scatter in x-ray imaging. *RadioGraphics* 1991 11:2, 307-323
 17. Janet Cochrane Miller., Raul N. Uppot. Imaging Obese Patients. *Radiology Rounds*. August 2011 – Volume 9, Issue 8
 18. Dzmityr M. Fursevich, Gary M. LiMarzi, Matthew C. O'Dell, Manuel A. Hernandez, and William F. Sensakovic. Bariatric CT Imaging: Challenges and Solutions. *RadioGraphics* 2016 36:4, 1076-1086
 19. Bucourt, M., Streitparth, F., Wonneberger, U. et al. Obese patients in an open MRI at 1.0 Tesla: image quality, diagnostic impact and feasibility. *European Radiology* (2011) 21: 1004.
 20. H. Michael Gach, Stacie L. Mackey, Sarah E. Hausman, Danielle R. Jackson, Tammie L. Benzinger, Lauren Henke, Lindsay A. Murphy, Jamie L. Fluchel, Bin Cai,

- Jacqueline E. Zoberi, Jose Garcia-Ramirez, Sasa Mutic, Julie K. Schwarz. MRI safety risks in the obese: The case of the disposable lighter stored in the pannus. *Radiology Case Reports*, Volume 14, Issue 5, 2019, Pages 634-638, ISSN 1930-0433
21. Sebastian T. Schindera, Rendon C. Nelson, Thomas L. Toth, Giao T. Nguyen, Greta I. Toncheva, David M. DeLong, and Terry T. Yoshizumi. Effect of Patient Size on Radiation Dose for Abdominal MDCT with Automatic Tube Current Modulation: Phantom Study. *American Journal of Roentgenology* 2008 190:2, W100-W105
 22. Jonathan S. Friedstat, Molly E. Moore, Jeremy Goverman, Shawn P. Fagan, An Unusual Burn During Routine Magnetic Resonance Imaging, *Journal of Burn Care & Research*, Volume 34, Issue 2, March-April 2013, Pages e110–e111
 23. Nicole S. Mandel, MD Jeremy L. Ramdial, MD Erin N. Marcus, MD. A second-degree burn after MRI. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2017 May;84(5):348-349
 24. Dempsey MF, Condon B. Thermal injuries associated with MRI. *Clin Radiol* 2001; 56:457–465.
 25. Friedstat J, Moore ME, Goverman J, Fagan SP. An unusual burn during routine magnetic resonance imaging. *J Burn Care Res* 2013; 34: e110–e111.
 26. Raul N. Uppot. Impact of Obesity on Medical Imaging. *HealthManagement*, Volume 14 – Issue 3,2014
 27. Buckley O, Ward E, Ryan A, Colin W, Snow A, Torreggiani WC. European obesity and the radiology department. What can we do to help? *Eur Radiol*. 2009; 19(2):298-309
 28. Lingawi SS, Buckley AR. Focused abdominal US in patients with trauma. *Radiology*2000;217(2):426–429
 29. Bushberg JT. The essential physics of medical imaging. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2002
 30. Benacerraf BR. A technical tip on scanning obese gravidae. *Ultrasound Obstet Gynecol*2010;35(5):615–616
 31. Rill LN, Brateman L, Arreola M. Evaluating radiographic parameters for mobile chest computed radiography: phantoms, image quality and effective dose. *Med Phys*2003;30(10):2727–2735
 32. McKetty MH. X-ray attenuation. *RadioGraphics* 1998;18(1):151–163
 33. ‘BMI classification’. World Health Organization. Accessed 8th October, 2019