

METABOLIZMI, KALORIJE I MAKRONUTRIJENTI - OSNOVE



Neven Obradović¹, Frane Grubišić^{2,3,4}

¹ Lječilište Topusko, Hrvatska

² Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, KBC Sestre milosrdnice Zagreb

³ Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

⁴ Referentni centar za spondiloartritis Ministarstva zdravstva Republike Hrvatske, KBC Sestre Milosrdnice Zagreb
e-mail: nobradov.imr@gmail.com

Brzi metabolizam, spori metabolizam, kalorije, energija i makronutrijenti neki su od pojmova koje nalazimo u razgovorima među liječnicima i/ili pacijentima, posebice u kontekstu povećanja tjelesne (mišićne) mase ili smanjenja tjelesne mase (masnog tkiva). Ovdje želimo na praktičan način približiti temu metabolizma, energetske ravnoteže i omjera makronutrijenata kako bi se poštivalo načelo „*primum non nocere*“ u svakodnevnom radu s većinom pacijenata, prilikom kliničkih upita baš vezanih uz tjelesnu masu (ili njenu promjenu), ili upita koje nutrijente uzimati u prehrani. Metabolizam je skup svih kemijskih reakcija koje se događaju u živim bićima, čiji je krajnji cilj pružanje energije i gradivnih tvari biću, odnosno njegovim stanicama.¹ Navedene reakcije oslobađaju energiju iz kemijskih veza, te količinu takve energetske izmjene mjerimo kilokalorijama (kcal, otprilike 4,2 kJ, iako se u uobičajenom razgovoru uvriježilo koristiti „skraćeni“ izraz – kalorija). Energetski unos ostvarujemo makronutrijentima – proteinima, ugljikohidratima i mastima, a svaki od makronutrijenata posreduje dodatne uloge u organizmu osim samog energetskeg unosa.² Tako je adekvatan unos proteina ključan za sprječavanje gubitka mišićne snage i mišićne mase,² masti pokazuju ulogu u hormonalnoj homeostazi i termoregulaciji,³ a ugljikohidrati u neurološkom funkcioniranju.³ Energetski unos ostvarujemo hranom, kako bismo mogli ispuniti ukupne energetske potrebe organizma. One su definirane pojmom ukupne dnevne potrošnje energije (engl. *total daily energy expenditure* – TDEE), koja se sastoji od potrošnje energije u mirovanju (engl. *resting energy expenditure* – REE, često definirana kao bazalni nivo metabolizma ili bazalna metabolička potrošnja, iako navedeno nije stroga istoznačnica), potrošnje energije tjelesne aktivnosti (engl. *physical activity energy expenditure* – PAEE), te termičkog efekta hrane (engl. *thermic effect of food* – TEF).⁴ Prosječno, u ukupnom energetskeg unosu, omjer REE; PAEE; TEF iznosi oko 60; 30; 10%. Ako okolišni uvjeti nisu termoneutralni, TDEE se dodatno povećava na račun potrošnje energije za očuvanje homeostaze tjelesne temperature.⁴ TDEE je moguće procijeniti za svaku osobu individualno direktnim i indirektnim kalorimetrijskim metodama. Direktna kalorimetrija izravno mjeri izmjenu topline postavljanjem osobe u termoizoliranu komoru, dok indirektna kalorimetrija procjenjuje TDEE i REE na temelju potrošnje kisika i stvaranja ugljikovog dioksida.⁴ Koristeći naprednije metode indirektna kalorimetrije moguće je pobliže procijeniti omjere

sastavnica ukupne dnevne potrošnje energije.⁴ U svakodnevnoj kliničkoj praksi radi jednostavnosti i brzine koriste se jednadžbe koje procjenjuju TDEE i REE na temelju dobi, spola, procijenjene dnevne tjelesne aktivnosti, tjelesne mase, visine, postotka masnog tkiva itd.⁵ TDEE stavljamo u odnos s ukupnim dnevnim energetskeg unosom osobe kako bismo dobili procjenu dnevne energetske bilance. Ukupni energetskeg unos možemo za svakodnevnu primjenu okvirno procijeniti koristeći tzv. Atwaterove faktore, koji procjenjuju energetske vrijednosti po težini unesenog makronutrijenta u namirnici; tako 1 gram proteina i 1 gram ugljikohidrata sadrže energetskeg vrijednost od otprilike 4 kcal, dok 1 gram masti sadrži 9 kcal.⁴ Koristeći navedene vrijednosti, moguće je na temelju sastava pojedinog obroka, odnosno namirnica koje čine određeni obrok, izračunati točan energetskeg unos (*op. a.* – samostalno uz pomoć kuhinjske vage i tablica nutritivnih sastava na pakiranjima namirnica, uz pomoć već gotovih obroka, ili uz pomoć novih tehnologija – umjetne inteligencije i kamere na mobitelu). Na temelju zakona o očuvanju energije, TDEE i dnevni energetskeg unos makronutrijenata (odnosno, dnevni unos hrane osobe) u energetskeg su zatvorenom sustavu. Iz navedenog proizlazi strategija restrikcije unosa kalorija radi postizanja cilja mršavljenja,^{6,7} odnosno povećanja unosa kalorija u slučaju da je poželjan porast tjelesne mase. Postizanje energetskeg deficita (dnevni energetskeg unos, TDEE) od otprilike 500 kcal/dnevno dovodi do otprilike jednakog porasta tjelesne težine tjedno.⁶ Stoga, po izračunu TDEE, ovisno o pacijentu te cilju (smanjenje ili porast tjelesne težine), postavljamo nivo željenog energetskeg unosa. Međutim, specifičniji (i uobičajeni) cilj tokom mršavljenja je gubiti težinu smanjenjem masnog, a ne mišićnog tkiva, dok je tokom dobivanja tjelesne težine poželjno potaknuti hipertrofiju mišićnog, a ne masnog tkiva. Navedene učinke najviše potičemo redovnom i pravilnom tjelovježbom,⁷ planiranjem točnog omjera makronutrijenata u planiranom dnevnom energetskeg unosu, te tempiranjem postupnih promjena tjelesne mase (ne više od 0,5-1% ukupne promjene tjelesne težine tjedno, odnosno već spomenutim vrijednostima od prosječno 0,5 kg/tjedno). Prilikom planiranja točnih iznosa makronutrijenata (odnosno, u planiranju jelovnika) preporučena vrijednost dnevnog unosa proteina iznosi 1,4 - 2 g/kg dnevno.^{8,9} Po izračunu ukupnog broja kilokalorija iz preporučenog proteinskog unosa (ukupna gramaža proteina x 4 kcal/g proteina), izračuna se unos kilokalorija iz masti, bilo kao 20-35% ukupnog planiranog dnevnog unosa,⁹ ili u iznosu od 0,8 - 1,2 g/kg/dnevno. Na posljatku, preostali dio ukupnog dnevnog „budžeta“ kilokalorija pripada ugljikohidratima, odnosno izračunava se koliko grama ugljikohidrata osoba treba pojesti na dnevnoj bazi. Napominjemo da u ukupnu dnevnu gramažu ugljikohidrata ne računamo vlakna! Također, omjeri makronutrijenata u dnevnom energetskeg unosu mogu široko varirati među pojedincima, ovisno o njihovim preferencijama, vrsti i trajanju tjelesne aktivnosti, toleranciji različitih namirnica, dobi itd. Preporuča se jelovnik i navedene omjere prilagoditi pacijentu kako bi se osiguralo što veće pridržavanje dijetetskih mjera. Većina istraživanja preporuča da faze promjene težine traju barem 8-12 tjedana, po čemu uobičajeno može nastupiti tzv. plato, dok su dugoročni rezultati (dulji od 6 mjeseci) nažalost uspješni tek u 10-20% pojedinaca.¹⁰ Preporuča se nastavak

visokog proteinskog unosa i povećanje unosa vlakana – hrana većeg volumena i termički efekt dovode do smanjenja osjećaja gladi. Također, osim faza promjene težine nerijetko se preporučaju i faze održavanja težine, koje bi trebale trajati barem koliko i faze promjene tjelesne težine. Dokazano je i da redovni kontakt s liječnicima/dijetetičarima (posjete, elektronička komunikacija) može povećati stope pridržavanja dijetetskim mjerama. Na posljetku, još jednom napominjemo da su omjeri makronutrijenata, fizička aktivnost, metabolička potrošnja energije i preferencije pacijenta iznimno varijabilni, te da ne postoji zajednički pristup apsolutno svakom pacijentu. Važno je imati na umu da su željeni smjer promjene tjelesne mase te promjena konstitucije (omjera masnog i mišićnog tkiva) bitniji od brojeva na vagi te da se dugoročne, trajne promjene tjelesne težine i životnih navika ostvaruju godinama. I dalje vrijedi – liječimo pacijente, a ne brojeve! Također, svakako valja pacijente uputiti nutricionistu, posebice u slučaju specifičnih bolesti (primjerice, DM I, celijakija), odnosno i liječnicima specijalistima koji se bave metaboličkim poremećajima (primjerice, poremećaji razgradnje masnih kiselina, glikogenoze).

Ključne riječi

metabolizam, kalorije, makronutrijenti, mršavljenje

METABOLISMS, CALORIES, AND MACRONUTRIENTS - THE BASICS

1. Health Institution Topusko

2. Clinic of rheumatology, physical medicine and rehabilitation, Sestre Milosrdnice University Hospital Center School of Medicine, University of Zagreb, Republic of Croatia Ministry of Health Referral Center for Spondyloarthritis, Sestre Milosrdnice University Hospital Center

Fast metabolism, slow metabolism, calories, energy, and macronutrients are terms commonly encountered among physicians and/or patients, especially in the context of increasing body (muscle) mass or decreasing body mass (adipose tissue). We aim to present the topics of metabolism, energy balance, and macronutrient ratios in a practical manner, in order for the principle of “primum non nocere” to hold true with most patients—particularly during clinical consultations related to body weight, or regarding which nutrients to include in the diet. Metabolism is the sum of all chemical reactions that occur in a living organism, the goal of which is to provide energy and building materials to the organism and its cells.¹ These reactions release energy from chemical bonds, and the amount of such energy exchange is measured in kilocalories (kcal, approximately 4.2 kJ, although the term “calorie” is widely used). Energy intake is achieved through macronutrients—proteins, carbohydrates, and fats—each of which also has additional roles besides energy provision.² Adequate protein intake is crucial for the prevention of loss of muscle mass and strength,² fats play a role in hormonal homeostasis and thermoregulation,³ and carbohydrates in neurological functioning.³ Energy intake is achieved through food in order to meet the total daily energy requirements of the body. These requirements are defined as total daily energy expenditure (TDEE), which consists of resting energy expenditure (REE; often defined as basal metabolic rate or basal metabolic expenditure, although these terms are not strict synonyms), physical activity energy expenditure (PAEE),

and the thermic effect of food (TEF).⁴ On average, the proportion of REE; PAEE; TEF within total energy expenditure is approximately 60%; 30%; 10%, respectively. If environmental conditions are not thermoneutral, TDEE increases due to additional energy required to maintain thermal homeostasis.⁴ TDEE can be estimated using direct and indirect calorimetry methods. Direct calorimetry measures heat exchange by placing an individual in a thermally insulated chamber, while indirect calorimetry estimates TDEE and REE based on oxygen consumption and carbon dioxide production.⁴ Using advanced indirect calorimetry methods, it is possible to more precisely estimate the relative contributions of TDEE components.⁴ Due to simplicity and speed, TDEE and REE are commonly estimated with equations taking consideration of age, sex, daily physical activity, body weight, height, etc.⁵ TDEE is compared with an individual's total daily energy intake in order to estimate the daily energy balance. For everyday use, total energy intake can be estimated using the Atwater factors, which assign energy values based on the weight of macronutrients consumed: 1 gram of protein and 1 gram of carbohydrates each provide approximately 4 kcal, while 1 gram of fat provides 9 kcal of energy.⁴ Using these values, it is possible to calculate energy intake based on the composition of individual meals (independently using a kitchen scale and labels on food packaging, using pre-prepared meals, or with new technologies—AI and smartphone cameras). Based on the law of conservation of energy, TDEE and daily energy intake from macronutrients form an energetically closed system, forming a strategy of restricting caloric intake to achieve weight loss,^{6,7} or increasing caloric intake when weight gain is desired. Achieving an energy deficit (daily energy intake < TDEE) of approximately 500 kcal/day leads to a weight loss of about 0.5 kg per week in most individuals, while a positive energy balance of approximately 500 kcal/day leads to a roughly equivalent weekly weight gain.⁶ Therefore, after calculating TDEE, the desired level of energy intake is determined based on the desired goal. However, a more specific (and common) goal during weight loss is to reduce body weight by losing fat mass rather than muscle mass, while during weight gain hypertrophy of muscle tissue rather than fat tissue is desired. These effects are most effectively promoted through appropriate physical exercise,⁷ careful planning of macronutrient ratios within the daily energy intake and by timing gradual changes in body weight (no more than 0.5–1% of total body weight per week, or previously mentioned average of 0.5 kg/week). When planning precise macronutrient amounts (specific meal planning), the recommended daily protein intake is 1.4–2 g/kg/day.^{8,9} After calculating the total kilocalories from the recommended protein intake (total grams of protein × 4 kcal/g), caloric intake from fats is calculated either as 20–35% of total planned daily intake⁹ or as 0.8–1.2 g/kg/day. Finally, the remaining portion of the total daily kilocalorie “budget” is allocated to carbohydrates, and the daily carbohydrate intake in grams is calculated. We note that dietary fiber is not included in the total daily carbohydrate intake. Macronutrient ratios within daily energy intake can vary widely among individuals, depending on preferences, type and duration of physical activity, tolerance of different foods, age, etc. It is recommended that meals and macronutrient ratios be tailored to the patient in order to ensure better adherence to dietary measures. Most studies recommend

that weight change phases last at least 8–12 weeks, after which a so-called plateau commonly occurs. Long-term results (longer than 6 months) are unfortunately successful in only 10–20% of individuals.¹⁰ Continued high protein and increased fiber intake are recommended—foods with greater volume and higher thermic effect reduce hunger. In addition to weight change phases, weight maintenance phases are often recommended, lasting at least as long as the weight change phases. It has been shown that regular contact with physicians/dietitians (in-person, electronic communication) improves adherence to dietary measures. Finally, we once again emphasize that macronutrient ratios, physical activity, metabolic energy expenditure, and patient preferences are highly variable, and that there is no single approach suitable for every patient. It is important to note that the desired direction of body weight change and changes in body composition (fat to muscle mass ratio) are more important than numbers displayed on the scale, and that long-term, sustainable changes in weight and lifestyle are achieved over years. We treat patients, not numbers! Patients should also be referred to a nutritionist, especially in cases of specific diseases (e.g., type 1 diabetes, celiac disease), or specialists dealing with specific metabolic disorders (e.g., fatty acid oxidation disorders, glycogen storage diseases).

Keywords

metabolism, calories, macronutrients, weight loss

References

1. Judge A, Dodd MS. Metabolism. *Essays in Biochemistry*. 2020.;64:607–47.
2. Espinosa-Salas S, Gonzalez-Arias M. Nutrition: Macronutrient Intake, Imbalances, and Interventions. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citirano 1. veljače 2026.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK594226/>
3. Morris AL, Mohiuddin SS. Biochemistry, Nutrients. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citirano 1. veljače 2026.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554545/>
4. Fernández-Verdejo R, Sanchez-Delgado G, Ravussin E. Energy Expenditure in Humans: Principles, Methods, and Changes Throughout the Life Course. *Annual Review of Nutrition*. 2024.;44:51–76.
5. Prado-Nóvoa O, Howard KR, Laskaridou E, Zorrilla-Revilla G, Reid GR, Marinik EL, i sur. Validity of predictive equations for total energy expenditure against doubly labeled water. *Sci Rep*. 2024.;14:15754.
6. Guth E. Counting Calories as an Approach to Achieve Weight Control. *JAMA* [Internet]. 2018. [citirano 2. veljače 2026.]; Dostupno na: <https://sci-hub.st/10.1001/jama.2017.21355>
7. McCarthy D, Berg A. Weight Loss Strategies and the Risk of Skeletal Muscle Mass Loss. *Nutrients*. 2021.;13:2473.
8. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, i sur. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017.;14:20.
9. Bytowski JR. Fueling for Performance. *Sports Health*. 2017.;10:47–53.
10. Sarwan G, Daley SF, Rehman A. Management of Weight Loss Plateau. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citirano 2. veljače 2026.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576400/>