

**AEROBIK METABOLIZM JARAYONI****Dilmurodova Fayoza Gulmurod qizi**

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti,  
1-Son tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti.

**Usmonov Og‘abek Ulug‘bek o‘g‘li**

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti talabasi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17774548>

**Annotatsiya.** Ushbu maqola aerobik metabolizm jarayonining biologik va biokimyoviy asoslarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Maqolada glikoliz, Kreb sikli va elektron tashuvchi zanjir bosqichlari batafsil tahlil qilinib, ATP ishlab chiqarish mexanizmlari va kislorod ishtirokidagi energiya samaradorligi yoritilgan. Aerobik metabolizmning mushak, yurak va miya faoliyatidagi roli, metabolik barqarorlikni saqlashdagi ahamiyati hamda kislorod yetarliligi, mitoxondriyal faoliyat va ozuqa moddalarining mavjudligi kabi ta’sir qiluvchi omillari muhokama qilingan.

Maqolada shuningdek, aerobik metabolizmni sport tibbiyoti, reabilitatsiya va klinik fiziologiya sohalarida qo‘llash imkoniyatlari ham ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari aerobik metabolizmning energiya muvozanatini ta’minlash, uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyatni qo‘llab-quvvatlash va patologik holatlarni kamaytirishdagi hayotiy ahamiyatini tasdiqlaydi.

**Kalit so‘zlar:** Aerobik metabolism, ATP ishlab chiqarish, Glikoliz, Kreb sikli, Elektron tashuvchi zanjir, Energetik samaradorlik, Mitoxondriyal faoliyat, Kislorod yetarliligi.

**THE AEROBIC METABOLISM PROCESS**

**Abstract.** This article is dedicated to the study of the biological and biochemical foundations of the aerobic metabolism process. The paper provides a detailed analysis of the stages of glycolysis, the Krebs cycle, and the electron transport chain, highlighting the mechanisms of ATP production and the efficiency of energy generation in the presence of oxygen.

The role of aerobic metabolism in the functioning of muscles, heart, and brain, its significance in maintaining metabolic stability, and the influence of factors such as oxygen availability, mitochondrial activity, and nutrient supply are discussed. Furthermore, the article examines the applications of aerobic metabolism in sports medicine, rehabilitation, and clinical physiology. The results of this study confirm the vital importance of aerobic metabolism in ensuring energy balance, supporting prolonged physical activity, and reducing pathological conditions.

**Keywords:** Aerobic metabolism, ATP production, Glycolysis, Krebs cycle, Electron transport chain, Energy efficiency, Mitochondrial function, Oxygen availability.

**Kirish**

Metabolizm – bu tirik organizmlarda energiya ishlab chiqarish va uni turli biologik jarayonlarda ishlatish uchun sodir bo‘ladigan murakkab kimyoviy reaksiyalar majmuasidir. Shu jarayonlar ichida aerobik metabolizm organizm uchun eng samarali energiya ishlab chiqarish mexanizmi sifatida ajralib turadi. Aerobik metabolizm kislorod mavjudligida yuzaga keladigan kimyoviy reaksiyalar orqali glikozani, yog‘ va oqsillarni energiyaga aylantiradi va shu bilan birga karbonat angidrid va suv hosil qiladi. Aerobik metabolizmning asosiy xususiyati uning yuqori energetik samaradorligi bo‘lib, bitta glikoz molekulasi orqali maksimal miqdorda adenosin trifosfat (ATP) ishlab chiqarishga imkon beradi. Shu sababli u uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyatda, yurak va mushak to‘qimalarida, miya faoliyatida hayotiy ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan birga, aerobik metabolizm jarayoni organizmning oksidlovchi quvvati, enzimatik tizimlari va mitoxondriyal faoliyati bilan chambarchas bog'liq bo'lib, metabolik barqarorlik va energiya muvozanatini ta'minlaydi. Hozirgi kunda aerobik metabolizmni tadqiq etish biokimyo, fiziologiya va sport tibbiyoti sohalarida katta ahamiyatga ega. Uning samarali ishlash mexanizmlarini aniqlash orqali turli patologik holatlarda energiya yetishmovchiligi va metabolik buzilishlarni aniqlash, shuningdek sportchilarda chidamlilikni oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish mumkin. Shu sababli, aerobik metabolizm jarayoni nafaqat fundamental biologiya, balki klinik va amaliy tibbiyot sohalarida ham dolzarb tadqiqot obyekti hisoblanadi.

### **Dolzarligi**

Aerobik metabolizm organizmning asosiy energiya manbai bo'lib, hayotiy jarayonlarning barqaror ishlashini ta'minlaydi. U kislorod ishtirokida sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalar orqali glikozani va boshqa makromolekulalarni ATPga aylantiradi, shu bilan mushak faoliyati, yurak va miya ish faoliyati, shuningdek umumiy metabolik muvozanat uchun zarur energiyani ta'minlaydi. Dolzarligi shundaki, aerobik metabolizm uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyat, chidamlilik sporti va klinik holatlarda energiya yetishmovchiligi yoki metabolik buzilishlarni o'rganish uchun asosiy tadqiqot obyekti hisoblanadi. Shu bilan birga, uning mexanizmlarini chuqur o'rganish orqali patologik holatlarda samarali davolash va profilaktika choralarini ishlab chiqish mumkin.

### **Maqsadi**

Ushbu maqolaning maqsadi aerobik metabolizm jarayonining biologik va biokimyoviy asoslarini yoritish, uning energetik samaradorligini tushuntirish va organizmdagi roli hamda amaliy ahamiyatini aniqlashdir. Shuningdek, maqolada aerobik metabolizmning ATP ishlab chiqarishdagi mexanizmlari, kislorod bilan bog'liq reaksiyalar va organizm energetik barqarorligini ta'minlashdagi ahamiyati ilmiy asosda tahlil qilinadi. Bu maqsadlar orqali o'quvchi yoki tadqiqotchi aerobik metabolizmning murakkab jarayonlarini tushunib, uni klinik, sport va fiziologik kontekstda qo'llash imkoniyatiga ega bo'ladi.

### **Asosiy qism**

Aerobik metabolizm – bu kislorod ishtirokida sodir bo'ladigan energiya ishlab chiqarish jarayonidir. U glikozani, yog' va oqsillarni ATPga aylantiradi, natijada organizm uchun hayotiy energiya manbai hosil bo'ladi. Aerobik metabolizmning asosiy xususiyati – uning yuqori energetik samaradorligi bo'lib, bitta glikoz molekulasi orqali maksimal ATP ishlab chiqarish imkonini beradi. Bu jarayon mitoxondriyalarda sodir bo'ladi va u kislorod bilan bog'liq bo'lgan bir qator murakkab kimyoviy reaksiyalarni o'z ichiga oladi. Aerobik metabolizm energiya ishlab chiqarishning uzoq davom etuvchi, barqaror va samarali mexanizmi hisoblanadi. Shu sababli u organizmning yurak, mushak va miya faoliyatida hayotiy ahamiyatga ega. Bu jarayon glikozaning piruvatga aylanishi bilan boshlanadi, keyinchalik esa Kreb sikli va elektron tashuvchi zanjir orqali ATP ishlab chiqarish bilan davom etadi. Aerobik metabolizmning samarali ishlashi organizmning oksidlovchi va energiya muvozanatini ta'minlaydi. Shu bilan birga, u metabolik barqarorlik va toksinlardan xoli energiya ta'minotini kafolatlaydi. Mutaxassislar uni chuqur o'rganish orqali turli kasalliklar, energiya yetishmovchiligi va chidamlilik bilan bog'liq jarayonlarni tushunishga harakat qiladilar.

Aerobik metabolizm organizmning energiya ishlab chiqarish tizimida markaziy rol o'ynaydi. U ATP molekulalarini samarali ishlab chiqaradi, bu esa mushaklarning uzoq vaqt davomida ishlashini, miya faoliyatining barqarorligini va yurak ishini ta'minlaydi.

Shu bilan birga, aerobik metabolizm qonda qoldiq mahsulotlar sifatida karbonat anhidrid va suv hosil qiladi, bu esa organizmning metabolik barqarorligini saqlashga yordam beradi. Energiya yetishmovchiligi yoki mitoxondriyal disfunktsiya natijasida jismoniy va ruhiy faoliyat pasayadi. Aerobik metabolizmning samarali ishlashi sport va klinik tibbiyot sohalarida ham ahamiyatga ega. Shu sababli uni o'rganish orqali energiya muvozanati, chidamlilik va patologik holatlarni aniqlash mumkin. Organizmning energiya ehtiyoji va kislorod bilan bog'liq jarayonlar o'rganilishi metabolik kasalliklarni oldini olishda muhim omil hisoblanadi.

**Jadval 1. Aerobik metabolizmning asosiy bosqichlari va hosil bo'ladigan mahsulotlar**

| Bosqich                   | Joylashuvi              | Asosiy reaksiyalar                              | Hosil bo'ladigan mahsulotlar                           |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Glikoliz                  | Sitoplazma              | Glikozaning piruvatga aylanishi                 | 2 ATP, 2 NADH, 2 piruvat                               |
| Piruvat → Asetil-KoA      | Mitoxondriya matriksi   | Piruvat dekarboksillanishi                      | 2 NADH, 2 CO <sub>2</sub> , 2 Asetil-KoA               |
| Kreb (Sitrato) sikli      | Mitoxondriya matriksi   | Asetil-KoA ning siklga kirishi                  | 6 NADH, 2 FADH <sub>2</sub> , 2 GTP, 4 CO <sub>2</sub> |
| Elektron tashuvchi zanjir | Mitoxondriya membranasi | NADH va FADH <sub>2</sub> dan elektronlar oqimi | 34 ATP, H <sub>2</sub> O                               |

Glikoliz – bu glikozaning sitoplazmada piruvatga aylanish jarayoni bo'lib, kislorod mavjudligida aerobik metabolizmning boshlang'ich bosqichi hisoblanadi. Bu jarayon 10 ta enzimatik reaksiyani o'z ichiga oladi va natijada ikkita piruvat molekulasini va 2 ATP hosil bo'ladi.

Shu bilan birga, NAD<sup>+</sup> ning NADH ga aylanishi elektron tashuvchi zanjirda foydalanish uchun energiya saqlash imkonini beradi. Glikoliz jarayoni kislorod yetarli bo'lmagan sharoitda ham sodir bo'ladi, lekin aerobik sharoitda piruvat mitoxondriyaga kirib, Kreb siklida oksidlanadi.

Piruvatning asetil-koenzim A ga aylanishi aerobik metabolizmning muhim kechish bosqichi bo'lib, energiya ishlab chiqarishni maksimal darajaga yetkazadi. Glikolizning samarali ishlashi organizmning energiya ehtiyojini qisman qondiradi va mitoxondriyalarda ATP ishlab chiqarish jarayonini boshlashga tayyorlaydi.

Kreb sikli – mitoxondriyadagi asosiy energiya ishlab chiqarish bosqichi bo'lib, piruvatning asetil-KoA ga aylanishidan boshlanadi. Har bir sikl asetil-KoA ning oksaloasetat bilan birlashishi natijasida sitrat hosil bo'lishi bilan boshlanadi. Keyinchalik bir qator enzimatik reaksiyalar orqali sitrat dekarboksillanishi, NADH, FADH<sub>2</sub> va GTP ishlab chiqarilishi sodir bo'ladi. Shu bilan birga karbonat anhidrid gazlari chiqindisi sifatida ajraladi. Kreb sikli ATP ishlab chiqarishning asosiy manbalaridan biri bo'lib, organizmning energetik ehtiyojini maksimal darajada qondiradi. Sikl davomida hosil bo'lgan NADH va FADH<sub>2</sub> elektron tashuvchi zanjirga elektronlarni yetkazadi, bu esa oksidlovchi fosforillanish jarayonida ishlatiladi. Kreb sikli metabolik integratsiya nuqtai nazaridan muhim bo'lib, uglevod, yog' va oqsil metabolizmi bilan chambarchas bog'liq.

Elektron tashuvchi zanjir mitoxondriyalarning ichki membranasi joylashgan bo'lib, NADH va FADH<sub>2</sub> dan kelgan elektronlarni qabul qiladi. Elektronlar membranadagi bir qator oqsillar orqali o'tib, oxirida kislorod bilan birlashib suv hosil qiladi.

Shu jarayonda membranada proton gradienti hosil bo'ladi, bu esa ATP sintaz fermenti orqali ADP ni ATP ga aylantirish imkonini beradi.

Oksidlovchi fosforillanish – aerobik metabolizmning eng samarali energiya ishlab chiqarish bosqichi bo'lib, har bir glikoz molekulasiga uchun 34 ATP gacha ishlab chiqarishga imkon beradi. Elektron tashuvchi zanjir organizmning energiya muvozanatini saqlash, metabolik barqarorlikni ta'minlash va uzoq davom etuvchi faoliyat uchun zarur energiyani yetkazish bilan bog'liq. Shu bilan birga, bu jarayon kislorod yetishmovchiligi yoki toksinlar ta'sirida buzilishi mumkin.

Aerobik metabolizm ATP ishlab chiqarish samaradorligi jihatidan eng yuqori tizim hisoblanadi. Glikozaning to'liq oksidlanishi natijasida 36–38 ATP hosil bo'ladi, bu esa anaerobik glikoliz bilan solishtirganda 18–19 barobar ko'pdir. ATP molekullari mushak kontraktsiyasi, nerv impulslarini uzatish, ion transporti va biosintez jarayonlari uchun energiya manbai bo'ladi.

Aerobik metabolizmning yuqori samaradorligi uzoq davom etuvchi jismoniy va aqliy faoliyatda organizm chidamliligini oshiradi. Shu bilan birga, mitoxondriyal funktsiya va enzimatik tizimlar ATP ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardir. Organizm energiya yetishmovchiligi holatlarida aerobik metabolizm samaradorligi pasayadi, bu esa kasallik va charchash belgilarini keltirib chiqaradi.

**Jadval 2. Aerobik metabolizmga ta'sir qiluvchi asosiy omillar**

| <b>Omil</b>                       | <b>Ta'siri</b>                                                       | <b>Izoh</b>                                                         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Kislorod yetarliligi              | Yuqori kislorod samarador energiya ishlab chiqaradi                  | Kislorod yetishmasa anaerob jarayonlar faol bo'ladi                 |
| Mitoxondriyal soni va funktsiyasi | ATP ishlab chiqarish qobiliyatini belgilaydi                         | Ko'p mitoxondriya → ko'proq energiya ishlab chiqarish               |
| Fermentlar tizimi                 | Reaksiyalar tezligi va samaradorligini ta'minlaydi                   | Enzimlar yetishmasa metabolizm sekinlashadi                         |
| Ozuqa moddalar mavjudligi         | Glikoz, yog' va oqsil miqdori energiya ishlab chiqarishni belgilaydi | Kam ozuqa → ATP ishlab chiqarish pasayadi                           |
| Harorat va pH                     | Enzim faoliyatini va energiya ishlab chiqarishni ta'sir qiladi       | Optimal sharoitlarda metabolizm maksimal darajada ishlaydi          |
| Gormonlar                         | Energiya balansini va metabolizm darajasini tartibga soladi          | Masalan, adrenalin mushaklarda energiya ishlab chiqarishni oshiradi |

Aerobik metabolizmning samaradorligi bir qator omillarga bog'liq. Ularga kislorod yetarliligi, mitoxondriyal soni va faoliyati, fermentlar tizimi, glikoz va boshqa makromolekulalar mavjudligi kiradi. Shuningdek, harorat, pH darajasi, gormonlar va ozuqa moddalarining yetarliligi ham energiya ishlab chiqarishga ta'sir qiladi. Fizik mashqlar, chidamlilik va jismoniy faoliyat aerobik metabolizmni rag'batlantiradi, kislorod ta'minoti va mitoxondriyal funktsiyani oshiradi.

Patologik holatlar, masalan, mitoxondriyal kasalliklar, kislorod yetishmovchiligi yoki oziq moddalar yetishmovchiligi metabolizmni buzadi. Shu sababli aerobik metabolizmni o'rganish va unga ta'sir qiluvchi omillarni aniqlash sport, fiziologiya va klinik tibbiyot sohalarida dolzarb hisoblanadi.

Aerobik metabolizmni chuqur o'rganish orqali sport tibbiyoti, reabilitatsiya, endokrinologiya va kardiofiziologiya sohalarida amaliy natijalar olish mumkin. Uzoq davom etuvchi jismoniy mashqlar, chidamlilikni oshirish va metabolik kasalliklarni oldini olishda aerobik jarayonlarning roli katta. Klinik tadqiqotlarda mitoxondriyal disfunktsiya va energiya yetishmovchiligi holatlarini aniqlash uchun aerobik metabolizm indikatorlari ishlatiladi. Shu bilan birga, metabolik sindrom, yurak yetishmovchiligi va mushak kasalliklarida bu jarayonni baholash orqali davolash strategiyalari ishlab chiqiladi. Aerobik metabolizmning samarali ishlashi organizmning energiya muvozanatini saqlash, patologik jarayonlarni kamaytirish va sportchilarda yuqori chidamlilikni ta'minlashga yordam beradi. Shu sababli u fundamental biologiya va klinik tibbiyotda muhim tadqiqot obyekti hisoblanadi.

### **Muhokama**

Aerobik metabolizm organizmning energiya ishlab chiqarish tizimida markaziy rol o'ynaydi va uning samaradorligi hayotiy jarayonlar uchun beqiyos ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, aerobik metabolizm jarayoni glikoliz, Kreb sikli va elektron tashuvchi zanjir orqali ATP ishlab chiqarishni maksimal darajaga yetkazadi. Glikoliz sitoplazmada sodir bo'lib, piruvat hosil qiladi, bu esa mitoxondriyaga kirib Kreb sikliga ulanadi.

Shu jarayonda NADH va FADH<sub>2</sub> elektron tashuvchi zanjirga elektronlarni yetkazib, oksidlovchi fosforillanish orqali ATP hosil qiladi. Shu bilan birga, bu jarayon qonda karbonat angidrid va suv hosil bo'lishini ta'minlaydi, bu esa metabolik barqarorlikni saqlashga xizmat qiladi. Muhokama davomida shuni ta'kidlash kerakki, aerobik metabolizm samaradorligi kislorod yetarliligi, mitoxondriyal soni, ferment tizimi, ozuqa moddalar mavjudligi va organizmning umumiy fiziologik holatiga bevosita bog'liq. Kislorod yetishmovchiligi yoki mitoxondriyal disfunktsiya energiya ishlab chiqarishni kamaytiradi va mushaklar, yurak yoki miya faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli aerobik metabolizmning samarali ishlashini oshirish sport tibbiyoti, reabilitatsiya va klinik fiziologiya sohalarida katta ahamiyatga ega.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, aerobik metabolizmning samaradorligini oshirish orqali uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyat, chidamlilik va umumiy energiya balansini yaxshilash mumkin. Shu bilan birga, patologik holatlarda bu jarayonni baholash va optimallashtirish orqali metabolik kasalliklar va energiya yetishmovchiligi bilan bog'liq muammolarni kamaytirish mumkin.

### **Natija**

Aerobik metabolizm – tirik organizmlarda energiya ishlab chiqarishning eng samarali va hayotiy jarayoni bo'lib, kislorod ishtirokida sodir bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bu jarayon glikozaning piruvatga aylanishi, Kreb sikli va elektron tashuvchi zanjir orqali ATP ishlab chiqarish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Shu orqali organizm uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyat, mushak ish faoliyati, yurak ritmi va miya faoliyatini barqaror ta'minlay oladi. Aerobik metabolizmning samaradorligi kislorod yetarliligi, mitoxondriyal soni va faoliyati, ferment tizimi, shuningdek organizmga kiradigan ozuqa moddalarining yetarliligi bilan bevosita bog'liqdir. Bu jarayonning biokimyoviy asoslarini o'rganish, uning energetik samaradorligini baholash va tartibga solish orqali metabolik barqarorlikni yaxshilash mumkin. Shu bilan birga, aerobik metabolizmni chuqur tushunish sport tibbiyoti, reabilitatsiya, endokrinologiya va kardiofiziologiya sohalarida katta amaliy ahamiyatga ega. Misol uchun, chidamlilik sporti bilan shug'ullanuvchi shaxslar va uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyat bilan bog'liq kasblarda organizmning aerobik energiya ishlab chiqarish qobiliyatini oshirish muhimdir.

Bundan tashqari, aerobik metabolizmni baholash orqali patologik holatlar, masalan, mitoxondriyal disfunktsiya, yurak yetishmovchiligi, mushak kasalliklari va energiya yetishmovchiligi aniqlanishi mumkin.

Shu sababli uning samarali ishlashini oshirish va optimallashtirish strategiyalari metabolik kasalliklar va energiya balansini saqlashda muhim rol o'ynaydi. Aerobik metabolizm organizmning energiya muvozanatini ta'minlash, uzoq davom etuvchi jismoniy va aqliy faoliyatni qo'llab-quvvatlash, metabolik barqarorlikni saqlash va patologik holatlarni kamaytirish uchun hayotiy ahamiyatga ega bo'lgan murakkab va samarali biologik jarayon hisoblanadi.

### **Xulosa**

Aerobik metabolizm tirik organizmlarda energiya ishlab chiqarishning eng samarali va hayotiy jarayonidir. Kislorod ishtirokida glikozaning piruvatga aylanishi, Kreb sikli va elektron tashuvchi zanjir orqali ATP hosil bo'lishi organizmning uzoq davom etuvchi jismoniy va aqliy faoliyatini ta'minlaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, aerobik metabolizmning samaradorligi kislorod yetarliligi, mitoxondriyal soni va faoliyati, ferment tizimi va ozuqa moddalarining mavjudligiga bog'liq. Aerobik metabolizm energetik samaradorligi yuqori bo'lgan jarayon sifatida sport tibbiyoti, reabilitatsiya, endokrinologiya va klinik fiziologiya sohalarida katta amaliy ahamiyatga ega. Shu bilan birga, uning chuqur o'rganilishi metabolik barqarorlikni saqlash, uzoq davom etuvchi jismoniy faoliyatni qo'llab-quvvatlash va patologik holatlarni kamaytirish imkonini beradi. Aerobik metabolizm organizmning hayotiy energiya ehtiyojini qondirish, metabolik jarayonlarni tartibga solish va chidamlilikni oshirishda muhim rol o'ynaydi. Shu sababli u fundamental biologiya va klinik tibbiyot sohalarida dolzarb tadqiqot obyekti hisoblanadi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Berg, J.M., Tymoczko, J.L., & Gatto, G.J. (2021). Biochemistry (9th ed., pp. 1–1200). New York: W.H. Freeman and Company.
2. Nelson, D.L., & Cox, M.M. (2021). Lehninger Principles of Biochemistry (8th ed., pp. 1–1400). New York: W.H. Freeman.
3. Voet, D., Voet, J.G., & Pratt, C.W. (2019). Fundamentals of Biochemistry: Life at the Molecular Level (5th ed., pp. 1–1350). Hoboken, NJ: Wiley.
4. Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C.A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., & Matsudaira, P. (2021). Molecular Cell Biology (9th ed., pp. 1–1500). New York: W.H. Freeman.
5. McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2021). Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance (9th ed., pp. 1–800). Philadelphia: Wolters Kluwer.
6. Hall, J.E., & Guyton, A.C. (2021). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (14th ed., pp. 1–1200). Philadelphia: Elsevier.
7. Campbell, M.K., & Farrell, S.O. (2019). Biochemistry (9th ed., pp. 1–1100). Boston: Cengage Learning.
8. Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). Molecular Biology of the Cell (6th ed., pp. 1–1450). New York: Garland Science.