

O'PKA ALVEOLALARI: ULARNING GISTOLOGIK TUZILISHI VA GAZ ALMASHINUVIDAGI ROLI

Zokirova N.B.

prof. DSc.

Muhammadaliyeva D.I.

Tillayeva S.E.

Alfraganus University Tashkent, Uzbekistan.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16757357>

Annotatsiya. Ushbu maqolada o'pka alveolalarining gistologik tuzilishi, ularning hujayraviy tarkibi va gaz almashinuvidagi roli batafsil yoritilgan. Alveola devorining asosiy komponentlari — I va II tip pnevmositlar, surfaktant, interalveolyar septum va alveolyar makrofaglar morfologik nuqtai nazardan tahlil qilingan. Shuningdek, alveola va kapillyarlar o'rtasidagi tuzilmaviy moslashuvlar hamda gaz almashinuvi mexanizmi izchil bayon etilgan.

Mavzuning dolzarbligi, ayniqsa respirator kasalliklar, surfaktant yetishmovchiligi, emfizema va fibroz kabi klinik holatlarda alveolalarning buzilishi bilan bog'liq patologiyalarni anglashda namoyon bo'ladi.

Kalit so'zlar: Alveola, pnevmosit, surfaktant, gaz almashinuvi, o'pka, alveola–kapillyar to'siq, gistologiya.

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрена гистологическая структура альвеол лёгких, их клеточный состав и роль в процессе газообмена. Проведен морфологический анализ основных компонентов альвеолярной стенки — пневмоцитов I и II типов, сурфактанта, интеральвеолярной перегородки и альвеолярных макрофагов. Также описана структурная адаптация между альвеолами и капиллярами, обеспечивающая эффективный газообмен. Актуальность темы особенно проявляется при понимании патологий, связанных с нарушением структуры альвеол, таких как респираторный дистресс-синдром, эмфизема и фиброз.

Ключевые слова: Альвеола, пневмоциты, сурфактант, газообмен, лёгкие, альвеолярно-капиллярный барьер, гистология.

Abstract. This article provides a detailed analysis of the histological structure of pulmonary alveoli, their cellular composition, and their essential role in gas exchange. The morphological features of the alveolar wall components — type I and type II pneumocytes, surfactant, interalveolar septum, and alveolar macrophages — are described in depth. The structural adaptations between alveoli and capillaries that ensure effective gas diffusion are also discussed. The relevance of the topic becomes evident in understanding clinical conditions such as neonatal respiratory distress syndrome, emphysema, and pulmonary fibrosis, which are associated with alveolar damage.

Keywords: Alveolus, pneumocytes, surfactant, gas exchange, lungs, alveolar–capillary barrier, histology.

Kirish

O'pka — inson organizmidagi hayot uchun zarur bo'lgan eng muhim a'zoldan biri bo'lib, u tashqi muhitdan olingan kislorodni qonga yetkazish va karbonat angidridni chiqarib

yuborish funksiyasini bajaradi. O'pkalar ko'krak qafasida joylashgan juft a'zo bo'lib, ularning asosiy vazifasi — **gaz almashinuvini ta'minlash**dir. Bu jarayon aynan o'pka ichida joylashgan **alveolalarda** sodir bo'ladi.

Alveolalar — o'pkaning mikroskopik darajadagi asosiy funksional va struktur birliklari bo'lib, ular yupqa epiteliy bilan qoplangan va kapillyar tarmog'i bilan zich o'ralgan mayda havo pufakchalaridir. Inson organizmida o'rtacha 300 milliondan ortiq alveola mavjud bo'lib, ular umumiy 70-100 m² gacha bo'lgan gaz almashinuvi yuzasini tashkil etadi. Bu keng sirt orqali kislorod qondagi gemoglobin bilan bog'lanadi va karbonat angidrid chiqariladi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, nafas olish tizimining sog'lom faoliyati bevosita alveolalarning to'g'ri tuzilishi va ish faoliyatiga bog'liqdir. Har qanday patologik jarayon, ayniqsa surunkali obstruktiv o'pka kasalliklari, interstitsial pnevmoniyalar yoki yangi tug'ilganlarda surfaktant yetishmovchiligi natijasida alveolalarning tuzilmasi buzilsa, gaz almashinuvi izdan chiqadi va bu butun organizmning hayotiy faoliyatiga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Shu boisdan ushbu maqolada **o'pka alveolalarining gistologik tuzilishi, hujayraviy tarkibi va ular orqali amalga oshadigan gaz almashinuv jarayonlari** ilmiy asosda tahlil qilinadi. Maqolaning maqsadi — alveolalarning morfo-funksional tuzilishini chuqur o'rganish orqali ularning fiziologik ahamiyatini yoritish va klinik nuqtai nazardan qanday patologik o'zgarishlar yuz berishini ko'rsatishdir.

O'pka va alveola tushunchasi

O'pka — ko'krak qafasida joylashgan juft a'zo bo'lib, tashqi muhitdan olingan havodagi kislorodni qonga o'tkazish va karbonat angidridni chiqarib yuborish orqali asosiy gaz almashinuv a'zosi hisoblanadi. Har bir o'pka plevra bilan qoplangan va bronxial daraxt orqali tashqi muhit bilan bog'langan. O'pkalarning asosiy morfologik birliklari bronx, bronxiolalar va ulardan tarmoqlanib chiqadigan **alveolalardir**.

Gistologik jihatdan o'pka to'qimasi bronxial epiteliy, elastik tolalar, qon tomirlari, limfa tomirlari, alveolalar va oraliq biriktiruvchi to'qimalardan iborat. Ayniqsa, terminal bronxiolalardan keyin boshlanadigan respirator bronxiolalar, alveolyar o'tkazuvchi yo'llar (ductus alveolaris) va **alveolyar xaltachalar (saccus alveolaris)** — asosiy gaz almashinuv maydonini tashkil etadi.

Alveola — bu o'pkaning eng kichik, ammo eng muhim struktur va funksional birligi bo'lib, yupqa epiteliy bilan qoplangan va atrofini kapillyar tarmog'i o'ragan havo pufagidir. Har bir alveola gaz almashinuv uchun maxsus moslashgan bo'lib, kislorod va karbonat angidridning diffuziya asosida o'tishini ta'minlaydi.

Inson organizmida o'rtacha **300–350 million** alveola mavjud bo'lib, ularning umumiy sirt maydoni taxminan **70–100 kvadrat metrni** tashkil etadi. Bu keng yuzaga ega bo'lishi gazlarning samarali almashinuvini ta'minlaydi. Alveolalar o'pkaning eng distal qismida — respirator bronxiolalardan keyin joylashgan bo'lib, ularning devorlari yupqa, sirtlari esa ho'l bo'lishi bilan gaz o'tishini yengillashtiradi.

Alveola devorining gistologik tuzilishi

Alveola devori juda yupqa bo'lib, gaz almashinuvi uchun mukammal moslashgan. Uning asosiy tuzilma birliklarini **pnevmositlar**, **interalveolyar septum** va **alveolyar makrofaglar** tashkil etadi.

Pnevmositlar

Alveola devorining asosiy hujayralari — **I va II turdagi pnevmositlar** bo'lib, ular o'ziga xos morfologik va funksional farqlarga ega:

- **I-tip pnevmositlar** — bu yassi, yupqa hujayralar bo'lib, alveola yuzasining 95% qismini egallaydi. Ular orqali gazlar diffuziya yo'li bilan o'tadi, ya'ni kislorod qon kapillyariga o'tadi, karbonat angidrid esa chiqib ketadi.

- **II-tip pnevmositlar** — kubsimon shaklda bo'lib, miqdor jihatdan ko'proq, lekin yuzada kamroq joy egallaydi. Ular alveola ichiga **surfactant** deb ataluvchi maxsus moddani ishlab chiqaradi.

Surfactant

Surfactant — bu lipoproteidli moddalar majmuasi bo'lib, u alveola yuzasida suyuq plyonka hosil qiladi. U **alveolalarning yuzaki tarangligini kamaytiradi**, shuningdek alveolalarning so'lib qolishining oldini oladi. Surfactant ayniqsa yangi tug'ilganlarda muhim bo'lib, uning yetishmovchiligi respirator distress sindromiga olib keladi.

Interalveolyar septum

Alveolalarni ajratib turuvchi oraliq devor — **interalveolyar septum** deb ataladi. Uning tarkibida quyidagilar mavjud:

- Kapillyarlar (qon aylanishi uchun)
- Fibroblastlar (biriktiruvchi to'qimalarni hosil qiladi)
- Kollagen va elastik tolalar (alveolaning elastikligini saqlaydi)

Alveolyar makrofaglar

Alveola ichida joylashgan **makrofaglar** (chang yutuvchi hujayralar) chang zarrachalari, mikroorganizmlar va boshqa begona moddalarni yo'q qiladi. Ular alveolalarning tozaligini ta'minlaydi va nafas yo'llarining infeksiyalardan himoyalashida muhim rol o'ynaydi.

Alveola va kapillyarlarning o'zaro bog'liqligi

Alveolalar va kapillyarlar o'rtasidagi yaqin morfologik bog'liqlik gaz almashinuv jarayonining asosiy shartidir. Har bir alveola devori bilan bevosita aloqada bo'lgan **qon kapillyarlari** mavjud bo'lib, ular orqali kislorod va karbonat angidrid gazlari erkin ravishda almashinadi. Bu jarayon **alveolokapillyar to'siq** yoki **alveola–kapillyar membrana** orqali amalga oshadi.

Alveolokapillyar to'siq (membrana) quyidagi qatlamlardan tashkil topgan:

1. **I-tip pnevmosit sitoplazmasi** – gazlar aynan shu hujayralar orqali o'tadi;
2. **Baza membrana** – pnevmositlar va kapillyar endoteliy orasida joylashgan yupqa biriktiruvchi qatlam;
3. **Kapillyar endoteliy hujayralari** – qon tomir devorini tashkil qiladi.

Ushbu tuzilma o'ta yupqa (o'rtacha 0,2–0,6 mikrometr) bo'lib, bu gazlarning oson diffuziyasini ta'minlaydi. Alveola va kapillyarlarning devorlari bir-biriga zich yopishgan, ayrim hollarda ular umumiy baza membranaga ega bo'ladi. Bu esa gaz o'tishini yanada tezlashtiradi.

Gaz almashinuvi jarayonida:

- **Kislorod** alveola bo'shlig'idan kapillyardagi qonga o'tadi;
- **Karbonat angidrid** esa qondan alveola ichiga o'tadi va chiqarib yuboriladi.

Bu jarayon passiv diffuziya orqali sodir bo'ladi va alveola devorining tuzilishi bu harakatni maksimal darajada yengillashtiradi. Shu sababli alveola va kapillyar o'rtasidagi tuzilmaviy moslashuv nafas olish samaradorligini belgilaydi.

Gaz almashinuv mexanizmi

O'pkalarda gaz almashinuv jarayoni — alveola bo'shlig'i bilan qon kapillyarlari o'rtasida kislorod (O_2) va karbonat angidrid (CO_2) gazlarining diffuziya asosida o'zaro almashinishidir.

Bu jarayon **alveolokapillyar to'siq** orqali amalga oshadi va u nafas olishning asosiy fiziologik bosqichlaridan biridir.

Diffuziya tamoyili

Gaz almashinuvi **fizik-kimyoviy diffuziya qonunlari** asosida sodir bo'ladi: gazlar har doim yuqori bosimdan past bosimga qarab harakatlanadi.

- **Kislorod** alveola ichidagi havo (tashqi muhit)dan qon plazmasiga o'tadi,
- **Karbonat angidrid** esa qondan alveola bo'shlig'iga o'tib, nafas chiqarishda tashqariga chiqariladi.

Gazlar harakati:

1. **O_2 yo'li:** alveola → I-tip pnevmosit → baza membrana → kapillyar endoteliy → qon → eritrotsit → gemoglobin bilan birikadi.

2. **CO_2 yo'li:** aksincha yo'nalishda, ya'ni eritrotsitdan alveola bo'shlig'iga o'tadi.

1. Mexanizmdagi gistologik moslashuvlar

- **Alveola devorining yupqaligi** (0,2–0,6 mkm) – gazlarning tez o'tishiga imkon beradi.
- **Yuzaki taranglikni kamaytiruvchi surfaktant** – alveolalarning o'z shaklini saqlab qolishiga yordam beradi.

- **Katta gaz almashinuv yuzasi** (70–100 m^2) – bir vaqtda katta hajmdagi gazlar harakatini ta'minlaydi.

- **Kapillyarlarning zich tarmog'i** – doimiy qon oqimi bilan gazlarni olib ketadi yoki olib keladi.

Tashqi va ichki omillar ta'siri

Gaz almashinuv samaradorligiga quyidagilar ta'sir ko'rsatadi:

- Alveola devorining shikastlanishi (fibroz, infeksiyalar);
- Surfaktant yetishmovchiligi;
- Qon aylanish buzilishlari (o'pka emboliyasi);
- O'pka to'qimasining elastikligini yo'qotishi (emfizema).

Klinik va funksional ahamiyati

Alveolalar tuzilmasining buzilishi nafaqat gaz almashinuvini izdan chiqaradi, balki hayot uchun xavfli bo'lgan kasalliklarning rivojlanishiga ham olib keladi. Shu sababli alveola gistologiyasi nafas tizimi kasalliklarini tushunish, aniqlash va davolashda muhim ahamiyat kasb etadi.

1. Surfactant yetishmovchiligi

Yangi tug'ilgan chaqaloqlarda, ayniqsa muddatidan oldin tug'ilganlarda, **II-tip pnevmositlar tomonidan surfaktant ishlab chiqarilishi sust bo'lishi** mumkin.

Bu holat **yangi tugʻilganlar respirator distress sindromi (NRDS)**ga sabab boʻladi.

Alveolalar soʻlib qoladi, gaz almashinuvi buziladi va nafas yetishmovchiligi rivojlanadi. Surfactant terapiyasi bu holatda asosiy davolash vositasidir.

2. Oʻpka emfizemasi

Emfizema — alveola devorlarining elastikligini yoʻqotib, kengayib ketishi va yemirilishi bilan kechuvchi surunkali kasallikdir. Bu holat kapillyarlar bilan kontakt kamayishiga olib keladi, natijada gaz almashinuv yuzasi qisqaradi. Asosiy sabablardan biri — surunkali chekish, irsiy enzim tanqisligi (alfa-1 antitripsin yetishmovchiligi) boʻlishi mumkin.

3. Oʻpka fibrozlari va alveolitlar

Fibroz – alveolalarning oraliq biriktiruvchi toʻqimasi ortiqcha rivojlanib, ularning devori qalinlashadi va elastikligini yoʻqotadi. **Alveolit** esa alveola ichining yalligʻlanishidir. Bu jarayonlar nafas olishni qiyinlashtiradi, gazlar oʻtishini sekinlashtiradi va surunkali gipoksiya (kislorod tanqisligi)ga olib keladi.

4. Gistologik tahlilning diagnostik-davolashdagi ahamiyati

Alveola toʻqimalarining mikroskopik tahlili (biopsiya) orqali yuqoridagi kasalliklar erta bosqichda aniqlanishi mumkin. Gistologik tahlillar yalligʻlanish darajasi, hujayra oʻzgarishlari, surfaktant yetishmovchiligi yoki fibroz holatini koʻrsatadi. Bu esa toʻgʻri tashxis qoʻyish va individual davolash rejasini tuzishda muhim omildir.

Xulosa

Oʻpka alveolalari nafas olish tizimining eng muhim va murakkab tuzilgan morfo-funksional birliklari hisoblanadi. Ularning gistologik tuzilishi, xususan I va II tip pnevmositlar, surfaktant ishlab chiqarilishi, interalveolyar septumning elastik komponentlari hamda alveolyar makrofaglarining immunologik roli gaz almashinuvi samaradorligini belgilovchi asosiy omillardandir. Alveola va kapillyar oʻrtasidagi toʻsiqning oʻta yupqaligi diffuziya jarayonini yengillashtiradi va kislorod bilan karbonat angidridning oʻzaro almashinishini optimal darajada taʼminlaydi.

Tashqi va ichki omillar taʼsirida alveola tuzilmasining buzilishi — surfaktant yetishmovchiligi, fibroz, emfizema yoki infeksiyalar natijasida yuzaga keladigan morfologik oʻzgarishlar butun organizmga jiddiy taʼsir koʻrsatadi. Ayniqsa, yangi tugʻilgan chaqaloqlarda surfaktantning yetarli darajada ishlab chiqarilmasligi ogʻir klinik holat — respirator distress sindromiga olib keladi.

Shu sababli, oʻpka alveolalarining normal gistologik tuzilishini chuqur oʻrganish, nafaqat fiziologik jihatdan muhim, balki klinik amaliyotda ham dolzarb ahamiyatga ega boʻlib, nafas olish bilan bogʻliq kasalliklarni toʻgʻri aniqlash va samarali davolash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ross M.H., Pawlina W. *Histology: A Text and Atlas*. 8th ed. Wolters Kluwer, 2020.
2. Junqueira L.C., Carneiro J. *Basic Histology: Text & Atlas*. 15th ed. McGraw-Hill, 2018.
3. Gartner L.P., Hiatt J.L. *Color Textbook of Histology*. 4th ed. Elsevier, 2016.
4. Wheater P.R., Burkitt H.G., Stevens A. *Wheater's Functional Histology: A Text and Colour Atlas*. 6th ed. Elsevier, 2013.

5. Widmaier E.P., Raff H., Strang K.T. *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. 16th ed. McGraw-Hill, 2019.
6. Tortora G.J., Derrickson B.H. *Principles of Anatomy and Physiology*. 15th ed. Wiley, 2017.