

VENTİLASYON - PERFÜZYON İLİŞKİLERİNİN ARTER KAN GAZLARINA ETKİLERİ

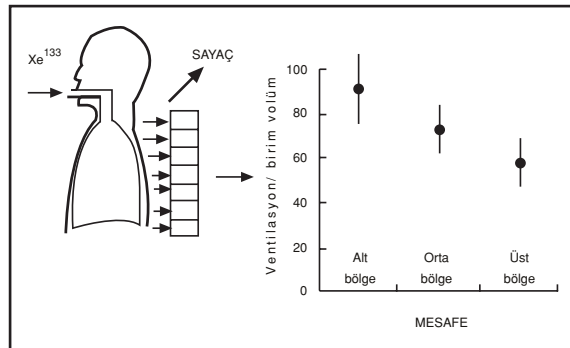
Gülseren KARABIYIKOĞLU*

Ventilasyon - perfüzyon ilişkileri (V/Q) gaz değişimi fonksiyonu hakkında bilgi verir. Sağlıklı kişilerde, istirahatte, akciğerde ventilasyon 4- 5 L/dakika'da, perfüzyon 5 L/dakikada olduğunda V/Q oranı 1.0'dır. Ventilasyonla kan akımının uyumsuz karşılaşması oksijen ve karbondioksit transferinin bozulmasına yol açar. Ventilasyon - perfüzyon ilişkilerini ayrıntılı tartışmadan önce, ventilasyonun ve kan akımının bazı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

VENTİLASYON

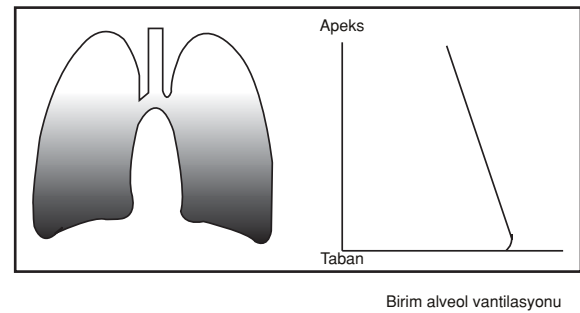
Solunumla alınan, verilen hava alveollerde gaz alışverişinde rol oynayan çok önemli proseslerden biridir. Ventilasyondaki topoğrafik eşitsizliğin saptanmasında hastaya radyoaktif bir maddenin, örneğin Xenon 133 inhale ettirilerek bölgesel ventilasyon tesbit edilir. Bunun için hasta bir defada gazı inhale eder ve göğüs duvarına yakın konumlandırılmış bir radyasyon kamerasıyla ölçüm yapılır. Bir başka ölçüm de hastanın bütün akciğer alanlarında radyoaktif gaz eşitleninceye kadar solunum yapmasından sonra tekrar ölçülür. (Şekil 1) İlk ve ikinci ölçümlerin karşılaştırılmasıyla birim alveol volume karşılık gelen ventilasyon tesbit edilir (1).

Ayakta dik duran normal bir insanda birim volume karşılık gelen ventilasyon akciğer tabanında fazladır. Apekte doğru gidildikçe azalır. Akciğerin aşağı bölgeleri yukarı bölgelerinden daha iyi ventile olur.



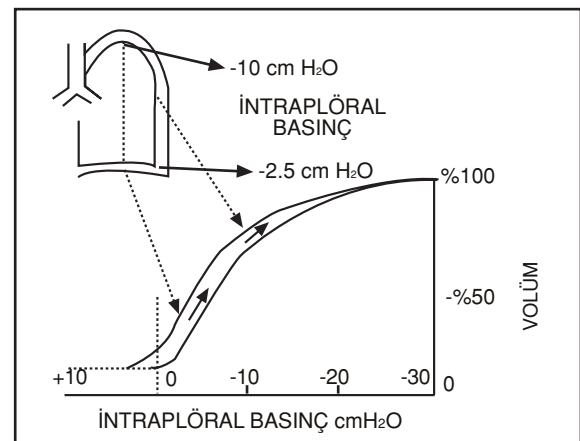
Şekil1: Ventilasyondaki bölgesel farkların radyoaktif xenon ile ölçümü (2).

Birey sırtüstü yatar pozisyonunda ise, az farklı olmakla birlikte yine altta kalan kısımda üstte kalan kısma oranla ventilasyonun daha fazla olduğu görülür (Şekil 2). Bu veriler birey FRC konumunda inspire etmeye başladığı anda elde edilir. Eğer normal birey RV seviyesinde küçük bir inspirasyon yaparsa ventilasyonun dağılımında ilginç değişimler olur. Apeks çok daha iyi ventile edilir. Taban akciğer alanlarında ventilasyon daha azdır. Ventilasyondaki bölgesel fark, FRC'nin birimi başına düşen volümdeki değişmedir. Deneysel çalışmalarda akciğer tabanında apekse oranla intraplevral basınç negatifliğinin daha az olduğu bildirilmiştir (2).



Şekil 2: Ventilasyonun akciğerlerdeki dağılımı (4)

Bu akciğerlerin ağırlığına bağlanmaktadır. Akciğer tabanında ekspansif basıncın daha az olmasının iki sonucu vardır. İlki alveollerin dinlenim volümünün daha küçük olması, ikincisi intraplevral basınçtaki küçük değişmelerle büyük volüm değişmelerinin oluşmasıdır. Bu nedenle akciğer tabanında apeks göre ventilasyon daha fazladır (Şekil 3) (2,3).



Şekil 3: Intraplöral basıncın ventilasyondaki bölgesel farklılara etkisi (2)

Akciğer tabanlarında komprese bölgelerde az miktarda gaz bulunur. Çünkü olasılıkla terminal bronşiyoller önce kapanır ve distal bölgelerde hava hapsedilir. Bu genç ve normal bireylerde FRC altındaki volümlerde olur.

* Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları
Anabilim Dalı, ANKARA

Yaş ilerledikçe değişkenlik gösterir. Normal bireylerde bile akciğer tabanında hava yollarının kapanması ve hapsedilen volüm artmakta, FRC'ye ulaşmaktadır. Bunun nedeni akciğer elastik recoil kuvvetlerinin azalmasıyla intraplevral basıncın negatifliğindeki değişimdir. Bunun bir sonucu akciğerlerin taban bölgelerinin intermitent olarak ventile olması ve sonuçta gaz değişiminin bozulmasıdır. Benzer durum elastik recoil'in azaldığı KOAH'da oluşur.

Ventilasyonun topoğrafik olmayan eşitsizliği lobüler ya da asiner düzeyde çeşitli mekanizmalarla oluşur. Akciğerin toplam ventilasyon eşitsizliği tek soluk ya da çok soluk washout tekniklerle gösterilebilir. Rutin SFT laboratuvarlarında kullanılanların yanı sıra başka sofistike teknikler de bu amaçla kullanılabilir.

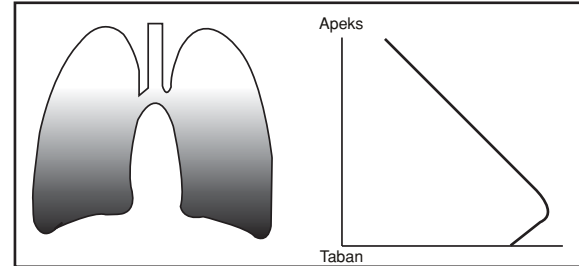
Akciğerin distal bölümünde ventilasyon eşitsizliğinden sorumlu çok çeşitli faktörler vardır. Bunun başlıca nedenlerinden biri eşitsiz zaman sabitleridir. Akciğerin belirli bir bölgesinin zaman sabiti o bölgenin rezistans ve kompiyansının bir fonksiyonudur. Zaman sabitleri farklı olan akciğer ünitelerinin inhalasyon ve ekshalasyon hızları farklıdır. Zaman sabiti büyük olan akciğer bölgelerinde solunum hızına bağlı ekspirasyon başladığında o bölge tam anlamıyla dolmamıştır. Dolayısıyla ventilasyon yetersizdir; solunum frekansı arttıkça ventilasyon eşitsizliği de artar (3).

Zaman sabiti küçük olan akciğer ünitelerine dolum çabuk olduğundan anatomik öl boşluk oranı büyüktür. Bu nedenle de bu alanın ventilasyonu azdır. Küçük akciğer ünitelerindeki yapısal eşitsizliklerle ventilasyon oluşmakta, ayrıca küçük hava yolları konsantrasyon gradiyenti de eşitsizlikte rol oynamaktadır. Terminal, solunumsal bronşiyol seviyesinde tasma, köpürme şeklinde olan gaz akımı daha distalde moleküler diffüzyon şeklindedir. Sentriasiner anfizemde olduğu gibi bir hava yolunda dilatasyon olduğunda solunum siklusunda difüzyon fazı tamamlanamayacak, gaz konsantrasyonları dengesi tam olmayacak ve distal alveol proksimal alveole oranla daha az ventile olacaktır.

PERFÜZYON

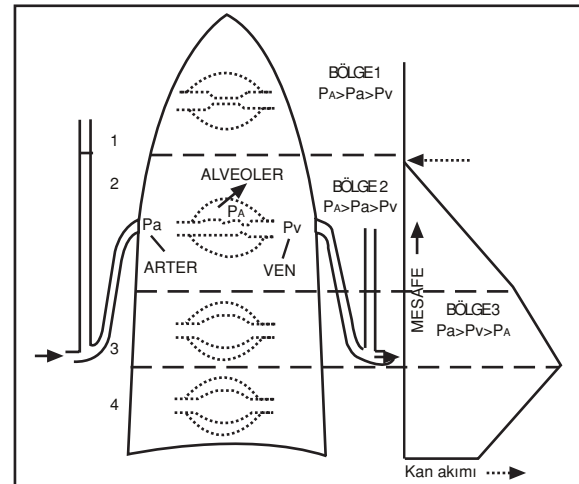
Kan akımı akciğerlerde gaz alış verişinde ventilasyonun eşit partneridir. Pulmoner kan akımının topoğrafik dağılımı radyoaktif maddeler kullanılarak kolayca ölçülebilir. Bir yöntem Xe^{133} 'ün serum fizyolojikteki çözeltisinin periferik bir venden verilmesidir. Xenon pulmoner kapillere ulaştığında alveol gazına karışmakta ve 15s soluk tutma sırasında burada kalmaktadır. Bu sürede bir gamma kamera aracılığıyla akciğerdeki radyoaktivite ölçülmektedir. Daha sonra gaz eşit şekilde dağılıncaya

kadar xenon solunmaya devam edilir. Bu ölçümle birim alveol volüme düşen kan akımı elde edilir. Kan akımının dağılımı radyoaktif albumin makroagregatları O_2^{15} , işaretli CO_2 ve N^{13} kullanılarak ölçülür. Ayakta dik duran normal bireyde kan akımı akciğerin yukarı kısımlarına doğru lineer azalır. Apeksde çok düşük değerdedir (1)(Şekil 4).



Şekil 4: Vertikal akciğerde kan akımının dağılımı (4)

Eğer birey sırt üstü yatarsa aşağı kısımda üstte kalan kısma oranla perfüzyon daha fazladır. Ayakta egzersiz yapıldığı koşullarda taban ve apekte kan akımı artar. İki bölge arasındaki fark azalır. Kan akımının eşitsiz topoğrafik dağılımı izole akciğer preparatlarında araştırılmıştır. Hidrostatik basınç farkının rol oynadığı normal vasküler basınçta sağlıklı bireylerde üst zonlarda pulmoner kan akımının doğrusal azaldığı gösterilmiştir. Pulmoner vasküler basıncın azalmasında kan akımı pulmoner arter (Pa) ve alveol basıncı (P_A)'nın eşit olduğu seviyeye kadar olur. Bunun üstünde hiçbir akım gözlenmez. Eğer venöz basınç (Pv) artarsa, pulmoner kan akımının venöz basınç ile alveol basıncının eşitlendiği düzey altında kalan akım olduğu görülür. Pulmoner arter sistemini yekpare bir kan sütunu olarak düşünürsek; akciğer tepesi - tabanı arasındaki uzaklık hemen hemen 30 cm H_2O veya 23 mmHg olur. Bu farkın bölgesel kan akımına etkileri 3 - 4 Zon modeli ile gösterilmiştir. Bu model kan akımının topoğrafik eşitsizliğinden sorumlu faktörlerin anlaşılmasını sağlayan basit modeldir (Şekil 5).



Şekil 5: Kan akımının dağılımı (3)

Zon 1: Bu bölgede alveol basıncı pulmoner arter basıncından fazladır. İzole akciğer preparatlarıyla deneysel çalışmalarda kan akımı gösterilememiştir. Çevresindeki basıncın fazlalığından dolayı kapiller kollabedir ($P_A > P_a > P_v$).

Zon 2: Pulmoner arter basıncı alveol basıncını geçer. Bu bölgede damarlar bir basınç odası içerisindeki kollabe olmaya eğilimli tüpler gibi davranır. Bu koşullarda akımı belirleyen arterioveöz basınç farkı değil, arterioalveol basınç farkıdır. İnce duvarlı damarlar kollabe edici dış basınca direnç göstermez ve damar içindeki basınç dışındaki basınca eşitlenir. Dolayısıyla kan akımını belirleyen basınç farkı perfüzyon basıncıdır ($P_a > P_A > P_v$).

Zon 3: Venöz basıncın alveol basıncını geçtiği akciğer bölgesidir. Radyoaktif gaz ölçümleri bu bölgede kan akımının arttığını göstermektedir. Ancak, bu artış hızı zon ikiden düşüktür ($P_a > P_v > P_A$).

Kan akımının distribüsyonunda arter, alveol, venöz basınç etkileniminden başka faktörlerde rol oynar. Bunların başında akciğer volümleri gelir. Bazı koşullarda ayakta duran bir bireyde akciğerin alt bölgesinde kan akımının azaldığı bir zon 4 vardır. Ancak dikkatli ölçümler TLC'de akciğer alt bölgesinde kan akımının azaldığı küçük bir bölgenin varlığını göstermektedir. Akciğer volümü arttıkça bu bölge genişler ve FRC düzeyinde akciğer alt yarısında kan akımı azalır, RV düzeyinde ise, akciğerin hemen hemen tamamında kan akımı azalır. Apeksdeki kan akımı tabandaki kan akımını geçer; bu durumu alveol, arter, ven basınç ilişkisiyle açıklamak yeterli değildir. Ekstraalveoler damarların etkisi vardır. Bu damarların çapı akciğer volümleri azaldıkça küçülür. Ayakta normal bireyde akciğer tabanındaki alveoller apekse oranla daha az ekspansedir. Ekstra alveol damarlar alt zonlarda daha dardır. Pulmoner vasküler dirence (PVR) olan etkileri alt bölgelerdeki kan akımının az olduğu zona bağlıdır. Akciğer volümü total olarak azalınca ekstra alveol damarların kan akımı distrübüsyonuna etkisi artmakta ve zon 4 genişlemektedir. RV düzeyinde ekstra alveol damarların çapı çok küçülmekte ve kan akımının distrübüsyonu bu damarlardaki daralmayı belirlemektedir.

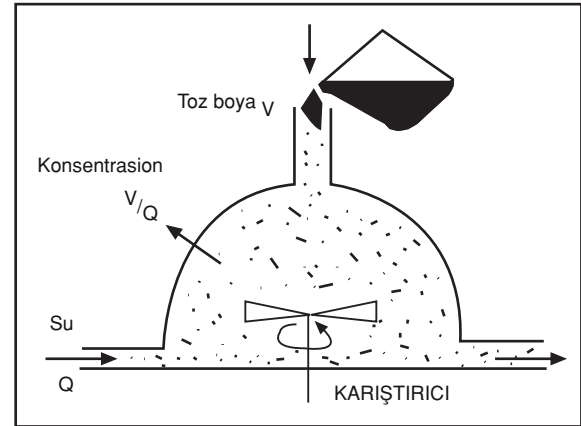
Akciğerde kan akımının normal dağılımında yer çekimi etkisi rol oynadığı gibi, akselerasyondaki artmada kan akımı dağılımının eşitsizliğinin artmasını etkiler. Hayvan deneylerinde asinüs seviyesinde kan akımı eşitsizliği olduğu; asinüsün proksimal bölümünün distal bölümden daha iyi perfüze olduğu gösterilmiştir. Tek bir alveolde bile kan akımı eşitsizdir. Bu muhtemelen kapiller yatak geometrisindeki farklılıklara bağlıdır. Pulmoner kan akımının normal dağılımı çeşitli akciğer ve kalp hastalıklarında değişmektedir (2).

VENTİLASYON - PERFÜZYON İLİŞKİLERİ

Ventilasyon ve kan akımının uygunsuzluğunun akciğer hastalıklarında oluşan hipoksehide en önemli neden olduğu yıllardan beri bilinmektedir. Özellikle V/Q eşitsizliğinin CO_2 retansiyonuna sebep olduğu düşünülmüştür. Bu konudaki ilk bilgiler 1940'lı yılların sonuna doğru Fenn, Rahn, Riley ve Cournat'ın çalışmalarıyla değer kazanmıştır. Bu önemli bir aşamadır. Çünkü ventilasyon, kan akımı, gaz değişimi, O_2 , CO_2 dissosiasyon eğrilerine bağlıdır. Bu eğriler lineer olmadıkları gibi, birbirleriyle de ilişkilidir (4).

V/Q oranının dağılım davranışlarının analizinde sonraki yıllarda Wagner ve arkadaşları tarafından multipl inert gaz eliminasyon tekniği ile araştırılmış; bu sayede distrübüsyon, distrübüsyonun şekli ve modlar belirlenmiştir.

Ventilasyon perfüzyonu oranının bir akciğer ünitesindeki dağılımı hayali bir modelle su (V) ve boya (Q) kullanılarak deneysel gösterilebilir.



Şekil 6: Ventilasyon perfüzyon oranının bir akciğer ünitesindeki görünümü (2)

Ventilasyonu gösteren toz boyanın V hızı ile üniteye eklenmesi ve bu boyanın kan akımını gösteren Q tarafından alınması alveol PO_2 'sini düzenler ve boyanın konsantrasyonu V/Q oranını belirler (Şekil 6). Akciğerin her hangi tek biriminde gaz değişimi başlıca üç faktör tarafından belirlenmektedir:

- V/Q oranı
- İnspire edilen gazın bileşimi
- Mikst venöz kanın bileşimi

Bazı minor faktörler de kanın kimyasal durumunu etkileyerek oksijen ve karbondioksit dissosiasyon eğrilerinin şeklini veya pozisyonunu etkileyebilir. Bunlar arasında ısı, Hb konsantrasyonu, Hct ve asit-baz dengesi sayılabilir.

Alveol gazından bir dakikada elimine edilen CO₂ miktarı:

$$\dot{V}CO_2 = V_A \cdot P_A CO_2 \cdot K$$

$\dot{V}CO_2$: Karbondioksit output'unu, V_A : Alveol ventilasyonunu, K: sabiteyi gösterir.

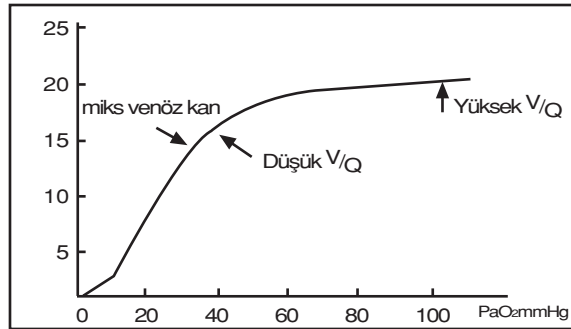
Kapiller kanda bir dakikada atılan CO₂ miktarı:

$$\dot{V}CO_2 = Q(C_v CO_2 - C_c CO_2)$$

Q: Kan akımı, diğerleri sırasıyla mikst venöz kandaki ve end kapiller kandaki CO₂ konsantrasyonudur. Kan akımında, kararlı durumda kapiller kandan ve alveollerden atılan CO₂ miktarı

$$V_A/Q = \frac{C_v CO_2 - C_c CO_2}{C_A CO_2} \cdot K \text{ olur.}$$

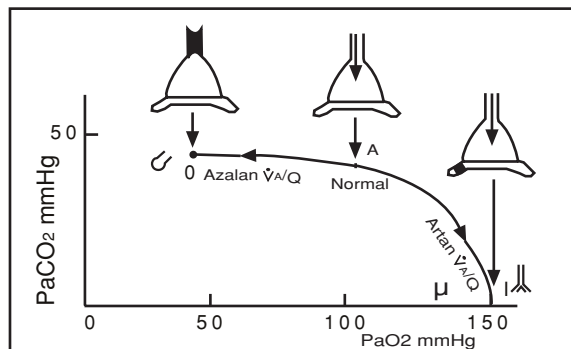
V/Q oranı arttıkça alveol PO₂ si artmaktadır. Bu kanda oksijen konsantrasyonunun artması anlamına gelir. Dolayısıyla parsiyel karbondioksit basıncıyla karbondioksit konsantrasyonu arasındaki ilişki değişir (1,5).



Şekil 7: Kanda oksijen kontent ve oksijen parsiyel basıncı arasındaki ilişki (2)

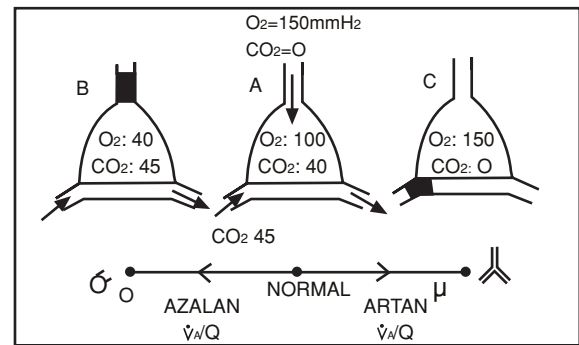
Yukarda tanımlanan eşitlikte parsiyel oksijen basıncı belirleyici değildir. Özellikle CO₂ konsantrasyonu ile P CO₂ arasındaki ilişki de doğrusal değildir. Bu nedenle eşitlik sayısal olmayıp, grafik olarak analiz edilir (Şekil 7) (2,3).

Bu ilişkilerin grafiksel analizi O₂ - CO₂ şemasında gösterilir.



Şekil 8: Oksijen - karbondioksit diagram (1)

Bu ilişkide PO₂ horizontal düzlemde, PCO₂ vertikal düzlemde gösterilmiştir. V/Q ilişkisi bir çok problemin çözümünde yararlıdır. V/Q oranının normal, altında, üstünde olduğu durumlarda akciğer birimlerinde oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçlarında değişiklikler oluşmaktadır. İnspirasyon gazı (I) ve mikst venöz kan (v) sabit olduğunda PO₂ ve PCO₂ değerleri V/Q çizgisinde değerlendirilir. V/Q oranının 0 olduğu noktada (v) kan gazı değerleri mikst venöz kandakinin aynısıdır. Tersine V/Q'nun sonuz olduğu nokta (I) olduğunda ise end kapiller kandaki oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçları inspire edilen gazdaki basınçların aynısıdır (Şekil 8) (6,7).



Şekil 9: Bir akciğer ünitesindeki ventilasyon-perfüzyon değişiminin kan gazlarına etkisi (2)

Bu bilgilere göre ventilasyon - perfüzyon değişikliği üç esas görünüm şeklinde yansiyabilir.

1) İdeal V/Q oranı = Normal V/Q oranı 1.0 olup; bir akciğer ünitesince inspire edilen havadaki PO₂ 150 mmHg, PCO₂ 0 mmHg'dir. Üniteye giren karışık venkanında ise sırasıyla PO₂ 40 mmHg, PCO₂ 45 mmHg'dir (Şekil 9A).

V/Q oranının normalin çok üstünde ve altında olduğu durumlarında ise alveol ve end kapiller kanda oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçları ve oksijen konsantrasyonu değişir. Mikst venöz kanda PO₂ 40 mmHg, PCO₂ 45 mmHg, Hb konsantrasyonu 14,8 gr/100ml varsayıldığında V/Q oranının normal değeri 0.8 - 1 arasında değişebilir. Bu oranın normal değerler altında ve üstünde değiştiği durumlarda PO₂ hızla değişmektedir.

2) V/Q oranının normalin üstünde olduğu durumda ventilasyon değişmeden kan akımının bozulduğu durum (anatomik ölü boşluk ve nonperfüze alveol) alveoldeki oksijen ve karbondioksit basınçları inspire edilen havadakinin aynısıdır. Ölü boşluk benzeri ventilasyon vardır (Şekil 9C).

3) V/Q oranının azaldığı durumda ise (anatomic şant ve nonventile alveol) durumunda: PO₂ düşer, ventilasyon tamamen azalırsa V/Q '0' olur; alveol havasıyla kapiller

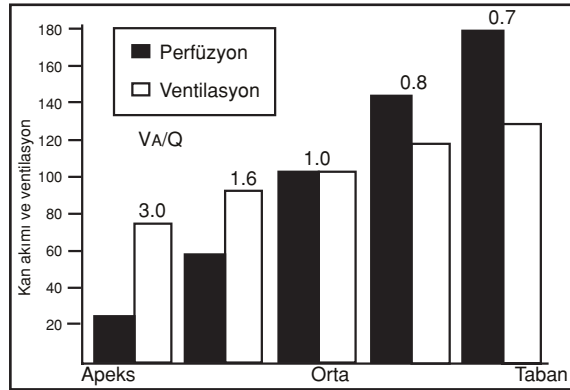
sonu kanın oksijeni, karbondioksiti karışık venöz kanın oksijen ve karbondioksiti ile aynı olur ki buna venöz kan benzeri perfüzyon denir (Şekil 9B).

Tablo I'de V/Q oranındaki değişimler görülmektedir.

Tablo I: Kompartman modeliyle V/Q oranı ilişkisinin AKG'ye ve alveol basıncına etkileri (3)

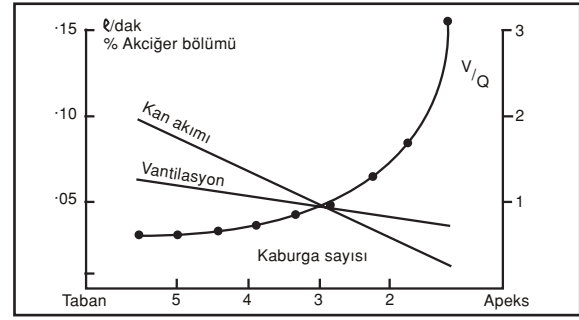
Özellik	V/Q	Alveol Basıncı		Kan Kontenti	
		Oksijen	Karbondioksit	Oksijen	Karbondioksit
Anatomik şant ve non-ventile alveol	0	Mikst venöz kan gibi	Mikst venöz kan gibi	Mikst venöz kan gibi	Mikst venöz kan gibi
Anatomik ölü boşluk ve non-perfüze alveol	∞	İnspire hava gibi	İnspire hava gibi		
Ventile olmayan veya fazla perfüze alveol	0-0.9	Azalı	Artar	Azalı	Artar
İdeal alveol	0.9	Normal	Normal	Normal	Normal
Fazla ventile veya perfüze olmayan alveol	0.9 - ∞	Artar	Azalı	Artmaz	Azalı
Temel sonuçlar		V_A artar		SAO_2 azalır	

V/Q eşitsizliğinde ayakta duran sağlıklı insanda gaz değişimindeki topografik eşitsizlik nedeniyle akciğerin apikal bölgelerinde taban bölgelerine oranla birim volüme düşen ventilasyon ve kan akımı azalmaktadır (Şekil 10)(3).



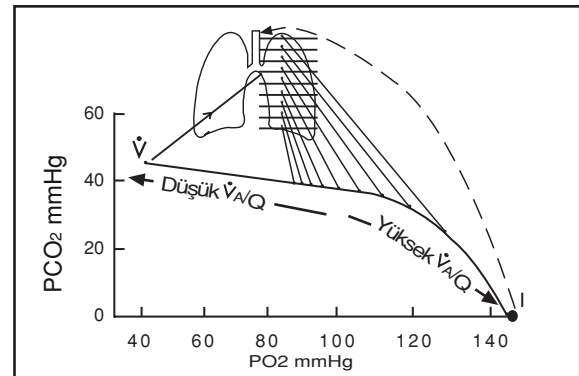
Şekil 10: Rölatif ventilasyon, kan akımı ve V_A/Q oranının akciğerde dağılımı (4)

Kan akımındaki değişiklikler, şekil 11'da görüldüğü gibi, ventilasyondaki değişmelere oranla daha fazladır. Sonuçta, ayakta duran normal insanda akciğerlerin apikal bölgelerinde V/Q oranı artmaktadır. Herhangi bir ölçedeki gaz değişimi V/Q tarafından belirlendiğinden, mikst venöz kandaki gaz bileşiminin bilinmesiyle bu ilişki hesaplanabilir. Akciğer apeksinde tabana oranla PO_2 artmakta PCO_2 düşmekte ve bu nedenle pH artmaktadır. Apeksde total oksijen uptake'i çok azdır. Çünkü bu bölgede kan akımı azalmıştır (1).



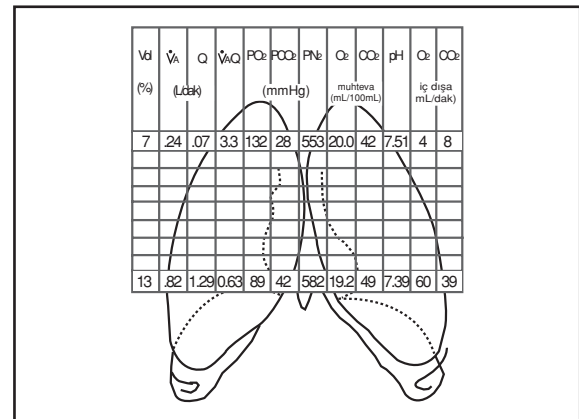
Şekil 11: Ventilasyon ve kan akımının dik duruş pozisyonundaki dağılımı (2)

Akciğerin taban bölgelerinde kan akımının çok daha fazla olmasına karşın, bu bölgede kapiller sonu kanda oksijen konsantrasyonu ve parsiyel basıncı en düşük seviyededir. Sonuçta bu bölgedeki pulmoner venöz kanın oksijenasyonu çok azdır. PO_2 azalmıştır, karbondioksit konsantrasyonu ve PCO_2 artmıştır (Şekil 12).



Şekil 12: V/Q oranının gaz alışverişine etkisi (2)

Normal bireyde akciğerde apekten tabana doğru gaz değişiminde bölgesel farklılıklar oluşmaktadır. Bu total gaz alışverişini etkilemektedir (Şekil 13) (2).



Şekil 13: Normal akciğerde gaz alışverişindeki bölgesel farklar (1)

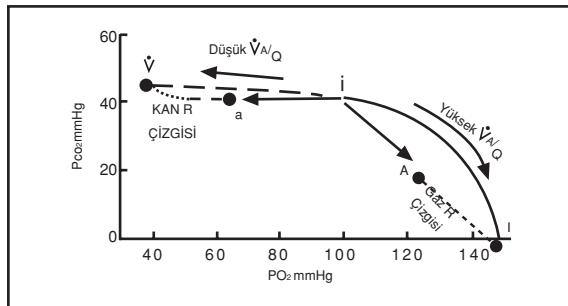
V/Q EŞİTSİZLİĞİNİN DAĞILIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Uzun yıllardan beri fizyologlar ve klinisyenler V/Q eşitsizliğinin büyüklüğünü daha iyi gösterebilmek için çalışmaktalar. İdeal V/Q oranının gerçek dağılımının gösterilebilmesi birçok klinik durumda mümkün olamamıştır. Bu çok karmaşık bir prosedürdür. Genelde sadece arter kanında ve ekspirasyon havasında oksijen ve karbondioksit basınçları ölçülebilmektedir (1,2).

Arter kanında oksijen parsiyel basıncının ölçümü V/Q oranı eşitsizliği hakkında kısmen bilgi vermektedir. Genelde PO₂ azaldıkça, ventilasyon ile kan akımı arasındaki uyumsuzluk da artar. Arter PO₂'sinin ölçümünün başlıca üstünlüğü basit olmasıdır. Başlıca dezavantajı ise tüm akciğerin ventilasyonu ve perfüzyonunca belirleniyor olmasıdır, bölgesel V/Q oranı için fikir vermez.

Arter PO₂'si ventilasyon değişikliklerine oldukça duyarlıdır. Ancak V/Q eşitsizliği hakkında çok az bilgi verir. V/Q uyumsuzluğunu göstermede PCO₂ artışının da (kronik akciğer hastalıklarında sık görülen) değerlendirilmesi gerekir.

Alveol - arter oksijen farkı P(A-a)O₂ çoğu durumda ölçülebilir ve daha bilgi vericidir. Çünkü toplam ventilasyondan daha fazla etkilendir. Aynı ventilasyon çizgisindeki oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçları ideal noktada gaz ve solunumsal değişim oranı çizgilerinin kesişme noktası olarak ifade edilen 'R' noktasında (R=0.8 olduğunda) mikst alveol gaz noktası A'dır. Bu nokta i ve l noktalarını birleştiren düz çizginin herhangi bir yerinde olabilir (Şekil 14). V/Q eşitsizliğinde alveol havası ve arter kanındaki değişimlerde ideal noktadan sapılmaktadır. Bu noktadan V/Q eşitsizliği arttıkça uzaklaşmaktadır. Ayrıca a ve A noktaları da etkilenmektedir.



Şekil 14: Oksijen - karbondioksit diyagramında ideal gaz için gösterilen noktalar (1)

(i= İdeal gaz, a= Arter kanı, A= Alveol gazı, V= Gaz akımı, Q= Kan akımı,

R çizgisi= Respiratuvar değişim oranı)

Örneğin V/Q oranındaki artışın nedeni ventilasyondaki artış ise, A noktasının i noktasından uzaklığı artmaktadır. V/Q oranının düşük değerlerinde kan akımı artışı söz konusuysa a noktasının i noktasından uzaklığı artmaktadır. A ve a noktaları arasındaki horizontal mesafe mikst alveol, arter PO₂ farkıdır ve bu V/Q eşitsizliği miktarını göstermede değerlidir. Ancak bu indeks genelde birçok hastada elde edilemez. Çünkü A mikst ekspirasyon gazı bileşimini verir ve anatomik ölü boşluk ventilasyonunu içermez. Bir çok hastada akciğerde alveoller sırayla boşalır; ventilasyonu az olan alveoller en son boşalır. Bu nedenle ekspirasyon alveol gazı doğru bilgi vermeyebilir. Ventilasyonun uniform, perfüzyonun eşit olmadığı az bir hasta grubunda bu indeks işe yarayabilir.

Karışık ekspirasyon alveol parsiyel oksijen basıncı genellikle elde edilemediğinden, ideal alveol gazı ile kan arasındaki parsiyel oksijen basınç farkı yani, i ve a arasındaki horizontal mesafe gerekli indekstir. Alveol gaz eşitliğinden hesaplanır. İdeal alveol - arter oksijen parsiyel basınç farkının sebebi V/Q oranı çizgisindeki i' ve V' noktaları arasında kalan birimlerdir. Bu birimlerde V/Q oranı normalden düşüktür. Hasta bir akciğerde belirgin V/Q oranı eşitsizliği olmasına rağmen, bu eşitsizlik büyük ölçüde artan V/Q oranı olan birimlerden kaynaklanıyorsa, ideal alveol - arter parsiyel oksijen basınç farkı hemen hemen normaldir.

Fizyolojik şant V/Q eşitsizliği için bir belirleyicidir. Normalde azalan V/Q oranının olduğu akciğer birimlerindeki kan akımı buna sebep olur. Fizyolojik şant hesaplamak için a noktasının sola doğru yer değiştirmesinin ideal kana, mikst venöz kanın karışmasına bağlamamız lazımdır.

Şant eşitliği aşağıdaki gibi yapılır:

$$\frac{Q_{PS}}{Q_T} = \frac{C_{iO_2} - C_{aO_2}}{C_{iO_2} - C_{\dot{V}O_2}}$$

Q_{PS} = Fizyolojik şant,

Q_T = Akciğerdeki total kan akımı,

C_i = İdeal kan oksijen konsantrasyonu

C_a = Arter kan oksijen konsantrasyonu

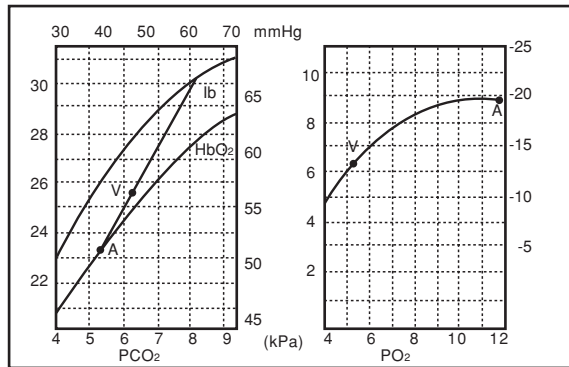
C_v = Mikst venöz kan oksijen konsantrasyonu

İdeal oksijen konsantrasyonu, ideal oksijen parsiyel basıncı ve oksijen disosiasyon eğrisinden hesaplanır. Fizyolojik şantın normal değeri %5'den azdır. Diğer bir indeks fizyolojik ölü boşluktur. Bu V/Q oranının yüksek olduğu akciğer birimlerindeki ventilasyon miktarının ölçüsüdür. Fizyolojik şant ve fizyolojik ölü

boşluk V/Q oranı spektrumunun uç noktalarını oluşturur.

Fizyolojik ölü boşluğu hesaplamak için A'noktasının ideal noktanın (i) uzaklığına göre Bohr Eşitliğinden hesaplanır. Bu eşitlikte alveol gazı ve arter kanı parsiyel karbondioksit basınçları eşit sayılmıştır.

V/Q oranlarının dağılımıyla ilgili gelişmeler birçok fizyolog ve klinisyenin yoğun çalışmalarıyla değerlendirilmiştir. Bu karmaşık konuda oksijen ve karbondioksit dissosiyasyon eğrilerinin (Şekil 15) birbiri ile doğrusal olmayan ilişkileri önem taşımaktadır.



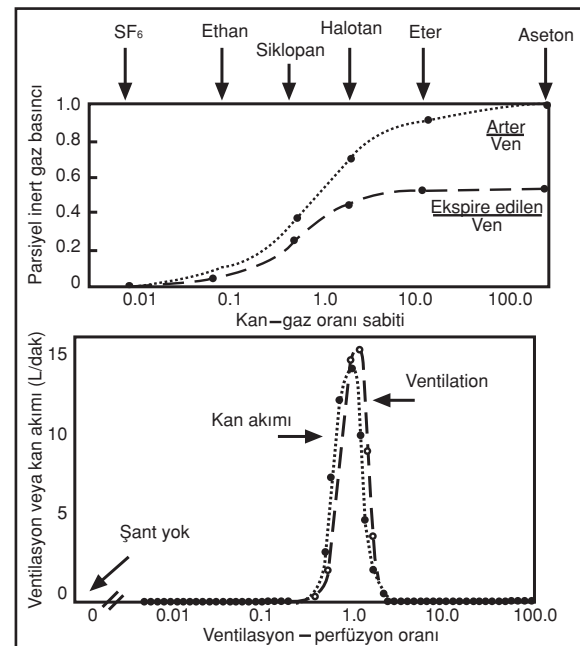
Şekil 15: Normal şahıslarda istirahathte oksijen ve karbondioksit dissosiyasyon eğrileri (3)

Ventilasyon ve kan akım uygunsuzluğunda, akciğerde gaz alım - veriminin bozulmasında karbondioksit retansiyonunun oluşumu konusunda çelişkiler vardır. Üniform ventilasyon-perfüzyonu olan normal oksijen ve karbondioksit alışverişi yapılan bir akciğerde bütün koşullar aynı iken, sadece ventilasyon ve kan akımı olağan dışı bir nedenle bozulduğunda gaz değişiminin etkilenmesinde oksijen uptake'inin ve karbondioksit eliminasyonunun azalması gösterilebilir. Hipoksemi ve hiperkapni gelişir. V/Q eşitsizliği olan bir çok hastada parsiyel arter karbondioksit basıncı normal sınırlardadır. Bunun nedeninin parsiyel karbondioksit artışına duyarlı kemoreseptörlerin solunum merkezini uyarak ventilasyonu arttırmasıyla parsiyel karbondioksit basıncını normale indirmektedir. Ancak, parsiyel oksijen basıncındaki azalmayı bu durum düzeltmekte başarılı olamamaktadır. Bu gazların ventilasyon artışında farklı etkilenimleri dissosiyasyon eğrileri ile gösterilmiştir. Karbondioksit dissosiyasyon eğrisi fizyolojik sınırlarda düzdür, azalmış ya da artmış V/Q oranları olduğunda akciğer birimlerinde ventilasyon artmasıyla karbondioksit eliminasyonu değişebilir. Tersine oksijen dissosiyasyon eğrisinin üst tarafı düz olduğundan, ventilasyon artması oksijen parsiyel basıncındaki

durumu sadece azalmış V/Q oranının olduğu koşullarda düzeltir.

V/Q oranlarının dağılımının değerlendirilmesinde bilgisayar yardımıyla yapılan değerlendirmeler önem taşımaktadır. Bu konudaki diğer bir gelişme Multipl İnert Gaz tekniğinin (MİGET) gelişimiyle mümkün olmuştur.

MİGET tuzlu suda çözülmüş inert bir gazın venöz sisteme infüzyonuyla sabit dozda verilmesiyle bu gazın birim akciğerde ventilasyon yoluyla eliminasyonuna bakılmaktadır. Burada gazın çözünürlüğü ve V/Q oranı önem taşımaktadır. Ayrıca kapiller sonu parsiyel basınç ve mikst venöz parsiyel basınç farkına bakılarak retansiyon elde edilir. Pratikte altı gazın karışımı "genellikle sulfur hekzaflorid, ethane, cyclopropane, halotane, ether ve acetone" tuzlu suda çözülür ve bir kol veninden 3 mL/dak hızla gaz değişiminde kararlı durum oluncaya dek 10 - 20 dakika verilir. Sonra ekspirasyon gazı ve AKG örneği alınır. Gaz kromatografisi yöntemi ile gaz konsantrasyonu ölçülür, aynı zamanda indikatör solüsyonla karbondioksit ve total ventilasyon ölçülür. Daha önce yerleştirilen pulmoner arter kateteriyle de mikst venöz kan alınır.



Şekil 16: 22 yaşında olan normal bireyde MİGET kullanımıyla V/Q oranı (1)

Şekil 16'da görüldüğü gibi, normal bir olguda retansiyon ve atılım çözünürlük eğrileriyle V/Q oranlarının distribüsyonu gösterilmiştir.

Sonuç olarak sağlıklı bireylerde akciğerde bütün alveollerde V/Q oranı aynı değildir. Çeşitli yöntemlerle V/Q oranlarının dağılımı saptanır.

KAYNAKLAR

1. West JB: Ventilation, blood flow and gas exchange. Murray JF, Nadel JA. Textbook of respiratory medicine. 2nd ed. WBS Company Tokyo, 1994;76-84.
2. West JB: Ventilation, blood flow, ventilation perfusion Ratio: Respiratory physiology, 1974; 22,43,57-65.
3. Cotes JE: Lung Function. Fifth ed. Blackwell S.P. Vienna, 1993;204-210.
4. Leff AR, Schumaker PT: Ventilation - perfusion relationship. Respiratory physiology. WBS Company, Tokyo, 1993;93-110.
5. Wagner PD: Ventilation, pulmonary blood flow and ventilation - perfusion relationship. Fishman AP: Pulmonary diseases and disorders. Mc Graw Hill 1998;181-191.
6. Smith LH, Their SO: Pathophysiology. WBS Company, Tokyo 1981;974-978.
7. Gibson JG: Pulmonary function tests.Grassi C.Pulmonary disease. Mc Graw Hill Int. Toronto 199;51-55.