



24. Ulusal Reanimasyon Kongresi

Kardiyopulmoner Baypas Oksijenasyonu



Dr Zeliha Tuncel



BEZMİALEM
VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ HASTAHANESİ

Sunum akışı

- Ne kadar oksijen vermeliyiz?
- Optimal perfüzyon
- Oksijen sunumu
- Monitorizasyon



The More, The Better?

Çok fazla" oksijen verilmesi,
"yetersiz" oksijen için en iyi çözüm değildir.

Martin DS; Oxygen therapy and anaesthesia: too much of a good thing?
Anaesthesia 2015; 70: 522-7.

KPB'ta PaO₂

- Hipoksiyi önlemek için önlem olarak ek oksijen verilmesi
- Suprafizyolojik seviyelere yükselme (**Hiperoksi**)
- KPB sırasında 200 ila 300 mmHg arasında PaO₂ seviyeleri
- *Kalp cerrahisi için şu anda oksijenasyon hakkında bir kılavuz yoktur.*

Smit Et AL. Moderate Hyperoxic Versus Near - physiological Oxygen Targets During And After Coronary Artery Bypass Surgery: A Randomised Controlled Trial
Critical Care (2016) 20:55

- PaO₂: 234–617 mmHg
- Sepsisli hastalarda hiperoksi, hemodinamiyi olumsuz etkilemiyor

PaO₂ artışı (sağlıklı bireylerde)

- Kardiyak indekste azalma (CI)
- Kalp hızında azalma
- Sistemik vasküler dirençte artış (SVR)
- Ortalama arter basıncında artış (OAB)

PaO₂ artışı (NYHAC Class 3-4)

- Kardiyak output (CO) anlamlı azalma
- Stroke volümde (SV) anlamlı azalma
- Pulmoner kapiller uç basıncında artış (PKUB)
- SVR de anlamlı artış
- LVEDP artışı
- Koronar vasküler kan akımında azalma, sağlıklı bireylerde %17,1 iken koroner hastalıkta %7,9-%28,9
- Koronar vasküler direnç artışı %21,5-%40,9

Young Robert W; Hyperoxia: A Review of the Risks and Benefits in Adult Cardiac Surgery, JECT. 2012;44:241–249
Smit Et Al; Hemodynamic Effects Of Acute Hyperoxia Systematic Review And Meta-analysis Critical Care (2018) 22:45



World Health Organization

GLOBAL GUIDELINES
FOR THE PREVENTION OF
SURGICAL SITE INFECTION

4.12 Perioperative oxygenation

Recommendation

The panel recommends that adult patients undergoing general anaesthesia with endotracheal intubation for surgical procedures should receive an 80% fraction of inspired oxygen (FiO₂) intraoperatively and, if feasible, in the immediate postoperative period for 2-6 hours to reduce the risk of SSI.
(Strong recommendation, moderate quality of evidence)

Rationale for the recommendation

A moderate quality of evidence shows that providing high FiO₂ (80%) is beneficial in patients undergoing procedures under general anaesthesia with endotracheal intubation and results in a significant decrease of the risk of SSI compared to 30-35% FiO₂. As a result, the CGG unanimously agreed to recommend that patients undergoing surgical procedures under general anaesthesia should receive 80% FiO₂ intraoperatively and in the immediate postoperative period for 2-6 hours. Strength of this recommendation should be strong.

- 15 çalışma , 7237 erişkin hasta
- FiO₂: 80%
- FiO₂: 30-35% (14 çalışma 30%, bir çalışma 35%)

A point recognized by initial investigators is that O₂ saturation is haemoglobin. Various studies have demonstrated that, as a consequence of passive diffusion of oxygen from blood exposed to FiO₂ = 80%, tissue concentrations far exceed those attributable to haemoglobin release.

Table 4.12.1. Recommendations on oxygenation preparation according to available guidelines

Guidelines (date issued)	Recommendations on oxygenation preparation
SHEA/IDSA (2014) (17)	Optimize tissue oxygenation by administering supplemental oxygen during and immediately following surgical procedures involving mechanical ventilation.
NICE (2008) (15)	Sufficient oxygen to maintain a haemoglobin saturation of more than 95%.
The Royal College of Physicians of Ireland (2012) (16)	Haemoglobin saturation is maintained above 95% (or greater if there is underlying respiratory insufficiency).
Health Protection Scotland bundle (2013) (13)	Haemoglobin saturation is maintained above 95% (or greater if there is underlying respiratory insufficiency).
UK High Impact intervention bundle (2011) (16)	Haemoglobin saturation is maintained above 95% (or greater if there is underlying respiratory insufficiency) both during the intra- and postoperative stages (recovery room).

SHEA: Society for Healthcare Epidemiology of America; IDSA: Infectious Diseases Society of America; NICE: National Institute for Health and Care Excellence; England.

GLOBAL GUIDELINES
FOR THE PREVENTION OF
SURGICAL SITE INFECTION



World Health Organization

© World Health Organization 2016

Morbidity Ve Mortality

- Cerrahi teknik
- Anestezi yönetimi
- Malperfüzyon**
- Hipoksi

KPB İlişkili Doku Oksijenizasyon Bozulması

- Mikrodolaşımdaki heterojenite**
- Kardiyak disfonksiyon
- Hipotermi
- Hemodilüzyon**
- Sıvı şiftleri
- Allojenik kan transfüzyonu

Gaz Mikroembolileri

Postoperatif akut böbrek hasarı ve kognitif disfonksiyon ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Sistemik hiperoksi, dolaşımdaki mikroemboli sayısını azaltma potansiyeline sahiptir.

Heinrichs J; Pro: Hyperoxia Should Be Used During Cardiac Surgery
doi: 10.1053/j.jvca.2018.02.015

Organ hasarı

- Oksidatif stres artışı
- Sistemik inflamatuvar cevap sendromu

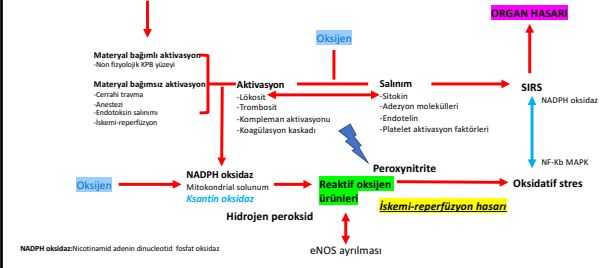


Kros- klempe sonrası ve koroner perfüzyon yeniden başladığında, miyokard reaktif oksijen ürünleri ile ilişkili hasara karşı hassastır.

Kalp cerrahisi sırasında hiperoksiden kaçınma, iskemi-reperfüzyon hasarını azaltır ve daha iyi klinik sonuca yol açar.

1. McGuinness F. A multicenter, randomized, controlled phase 1b trial of avoidance of hyperoxemia during cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 2016;123:465–73.
2. Smit B. Moderate hyperoxic versus near-physiological oxygen targets during and after coronary artery bypass surgery: A randomised controlled trial. *CritCare* 2016;20:1240–6.

Kardiyopulmoner baypas cerrahisi



- In vitro çalışmalar,% 60'a varan oksijen seviyeleri (60 kPa) ve reaktif oksijen ürünleri arasında lineer bir korelasyon olduğunu göstermektedir.

Spolstra-de Man et al. Cardiovascular effects of hyperoxia during and after cardiac surgery, Review Article : *Anaesthesia* 2015, 70, 1307–1319

- Kapiller damarlar ve doku arasındaki oksijen gradiyent artışı, **hücrel hipoksi** riskini azaltır

Düşük ve yüksek akımlı kapiller damarlar arasındaki **artan mikro dolaşım heterojenliği** nedeniyle baypas sırasında dokulara oksijen verilmesi tehdidi altındadır.

Spolstra-de Man et al. Cardiovascular effects of hyperoxia during and after cardiac surgery, Review Article : *Anaesthesia* 2015, 70, 1307–1319

Tüm dokulara yeterli oksijen sağlanmalı ve anaerobik sınırdan kaçınılmalı

Amaca yönelik Perfüzyon
DO₂ ve VCO₂ kullanımı

- VCO₂ anaerobik metabolizma için iyi bir prediktör, ve KPB ile ilişkili morbidite azalmasında yardımcıdır.
- Anaerobik metabolizma için O₂-derived parametrelere göre daha sensitif
- DO₂ kritik değer 270 mL/dk/m² ↑
- VCO₂ :60 mL/dk/m² sınırını aşmamalı
- DO₂/VCO₂ oranı: 5.0 üzerinde olmalı

Ranucci M; Review: Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance, Perfusion1-9, DOI: 10.1177/0267659116659919

Oksijen sunumu

Normoksi ve 12 g/dL hemoglobin ile, DO₂ yaklaşık 350-450 mL/dk/m² dir.

- KPB sırasında; pompa akımı 2,2 ila 2,4 L/ dk/m² ve Hb değeri 7- 8 g/dL ile DO₂ 200-300mL/dk/m²'ye düşer.
- KPB'de gözlenen DO₂'deki azalma, esas olarak, bypass başlangıcındaki **hemodilüsyon** sonrası arteriyel oksijen içeriğinin azalmasından kaynaklanmaktadır.

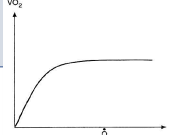
Glenn S; Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. Review Article Vol. 108, No. 5, May 2009, DOI: 10.1213/ane.0b013e3181875e2e

Akımdan Bağımsız Oksijen Tüketimi

DO₂ azalırken, VO₂ başlangıçta doku oksijen ekstraksiyonunda artışla stabil kalır

- Yazarlar, kritik eşğin üzerindeki DO₂ seviye hedefinde, **spesifik hematokrit veya pompa akım** değerlerini hedeflemenin organ fonksiyonunu korumada daha önemli olduğu sonucuna varmışlardır.
- Akut böbrek yetmezliği ve pik postoperatif serum kreatinin seviyeleri için **en iyi belirleyici**; 272 mL/dk/m²'lik kritik değeri karşılayan baypastaki en düşük DO₂ dir.

Optimal Perfüzyon

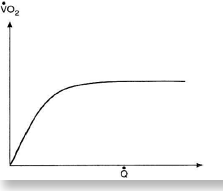


Glenn S; Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. Review Article Vol. 108, No. 5, May 2009, DOI: 10.1213/ane.0b013e3181875e2e

Akıma Bağlı Oksijen Tüketimi

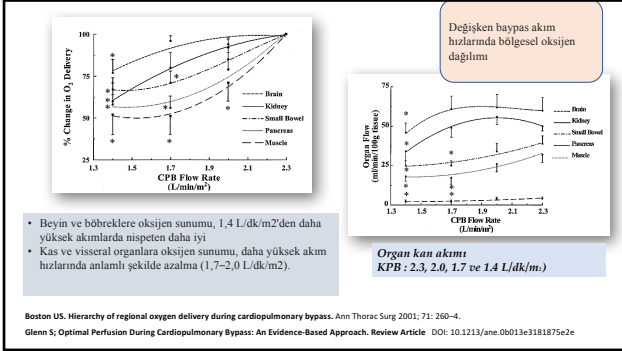
- Maksimum oksijen ekstraksiyonuna ulaşıldığı noktada, tüm vücut VO₂ ve doku oksijenasyonu azalmaya başlar
- Metabolik (laktik) asidoz gelişmeye başlar

Optimal Perfüzyon



Oksijen sunumu (DO₂) ve tüketim (VO₂) arasındaki ilişki.

Glenn S; Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. Review Article DOI: 10.1213/ane.0b013e3181875e2e



SvO₂

- Santral venöz oksijen saturasyonu (SvO₂) periferik organlardan O₂ ekstraksiyonunu temsil eder ve bu nedenle DO₂ azaldığında artar.
- Venöz dönüşün çok düşük bir metabolik hızda (kaslar gibi) organlardan gelmesi nedeniyle, bazı periferik organlar (splanknik bölge) düşük bir bölgesel SvO₂'ye sahip olsa bile, sistemik SvO₂ normal görünebilir.

Ranucci M; Review: Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance, Perfusion1-9, DOI: 10.1177/0267659116659919

Laktat
KPB süresi

- KPB'de perfüzyonun yeterliliğinin ölçüsüdür.
- KPB'de artan arteryel kan laktat seviyeleri hem yetişkin hem de pediyatrik kalp cerrahisinde kötü sonuçlarla ilişkilendirilmiştir.

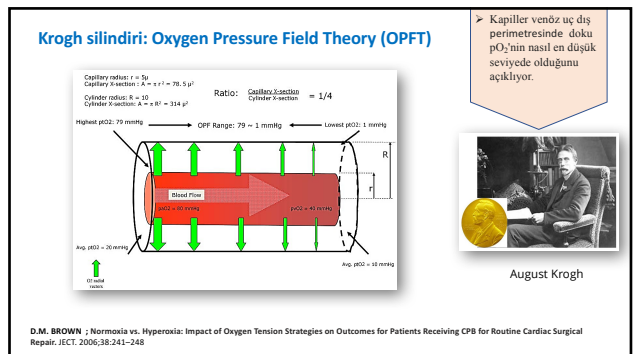
Anoksik hasar başlangıcı ----> Kanda laktat artışı gördüğümüz zaman?

Anaerobik metabolizma (artan PCO₂ üretimi)

Respiratory quotient (VCO₂/VO₂ oran ↑)---Laktat üretimi---Mikrokapiller perfüzyon yeterliliği

DO₂/VCO₂ oranı yaklaşık 5'e düştüğünde laktat üretiminde artış

Ranucci M; Review: Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance, Perfusion1-9, DOI: 10.1177/0267659116659919



Kalınlaşmış Krogh silindiri

Krogh Cylinder: Anoxic Lethal Corner

Capillary radius: $r = 5\mu$
Capillary X-section: $A_c = \pi r^2 = 78.5 \mu^2$
Cylinder radius: $R = 20$
Cylinder X-section: $A = \pi R^2 = 1256 \mu^2$
Ratio: $\frac{\text{Capillary X-section}}{\text{Cylinder X-section}} = \frac{1}{16}$

Higher tissue pO_2 (Powerful)

Lower tissue pCO_2 (42 mmHg)

CO₂ radial source

• **“lethal corners”**

- Hipoksi ve hiperkapni ile asidoz gelişir ve metabolik atıklar kapiller damar içinde birikebilir
- Doku ölümü
- Dokular için hiperoksik ortam yaratılmalı ve doku ödeminin en aza indirilmesi hedeflenmelidir.

Normal Karbondioksit Basınç Alanı

Krogh Cylinder: Normal Conditions

Capillary radius: $r = 5\mu$
Capillary X-section: $A_c = \pi r^2 = 78.5 \mu^2$
Cylinder radius: $R = 20$
Cylinder X-section: $A = \pi R^2 = 1256 \mu^2$
Ratio: $\frac{\text{Capillary X-section}}{\text{Cylinder X-section}} = \frac{1}{16}$

Higher tissue pO_2 (Powerful)

Lower tissue pCO_2 (42 mmHg)

CO₂ radial source

Normal Intracapillary Blood Flow Velocity = 200 μ /sec

Cardiac Index = $k \cdot p(v-a)CO_2$ $k = 12.9$ adult, 18 infant

Adult CI = $12.9 \cdot 2.6$ L/min Infant CI = $18 \cdot 5 = 3.6$ L/min

Johnson, B. A. and H. H. (1972) "The lethal corner in ischemia due to circulatory failure in distal defects of oxygen delivery and of carbon dioxide removal." *Cell Tissue Res* 199:111-143; 8.

Anoxic Lethal Corner (v = 100 μ /sec)

Adult Cardiac Index = $12.9 + p(v-a)CO_2$

CI = $12.9 + 10 \cdot 1.3$ L/min

Anoxic Lethal Corner (v = 50 μ /sec)

Adult Cardiac Index = $12.9 + p(v-a)CO_2$

CI = $12.9 + 20 \cdot 0.65$ L/min

Krogh Cylinder: Hypercapnic Lethal Corner

Krogh Cylinder: Hypercapnic Lethal Corner

Capillary radius: $r = 5\mu$
Capillary X-section: $A_c = \pi r^2 = 78.5 \mu^2$
Cylinder radius: $R = 20$
Cylinder X-section: $A = \pi R^2 = 1256 \mu^2$
Ratio: $\frac{\text{Capillary X-section}}{\text{Cylinder X-section}} = \frac{1}{16}$

Higher tissue pO_2 (Powerful)

Lower tissue pCO_2 (42 mmHg)

CO₂ radial source

Normal Intracapillary Blood Flow Velocity = 200 μ /sec

Higher tissue pCO_2 : 40 mmHg baseline + 4 X gradient = 120 mmHg

Hypercapnic Lethal Corner

Hypercapnic Lethal Corner

Coincident Lethal Corners

Krogh Cylinder: Coincident Lethal Corners

Capillary radius: $r = 5\mu$
Capillary X-section: $A_c = \pi r^2 = 78.5 \mu^2$
Cylinder radius: $R = 20$
Cylinder X-section: $A = \pi R^2 = 1256 \mu^2$
Ratio: $\frac{\text{Capillary X-section}}{\text{Cylinder X-section}} = \frac{1}{16}$

Higher tissue pO_2 (Powerful)

Lower tissue pCO_2 (42 mmHg)

CO₂ radial source

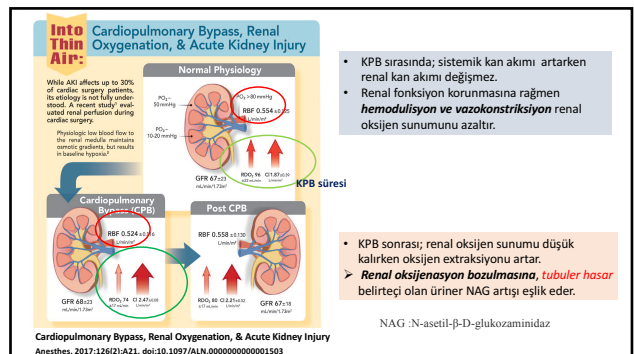
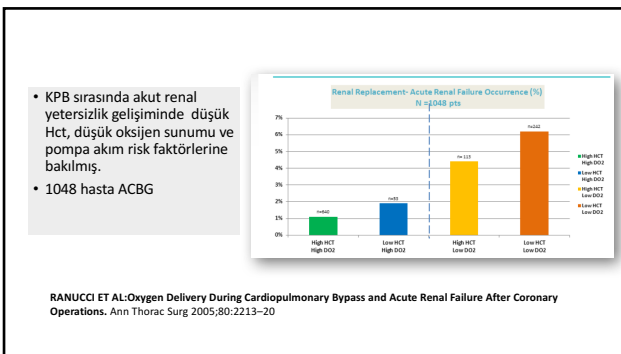
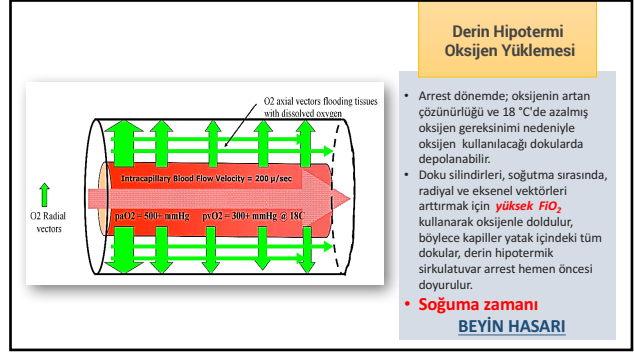
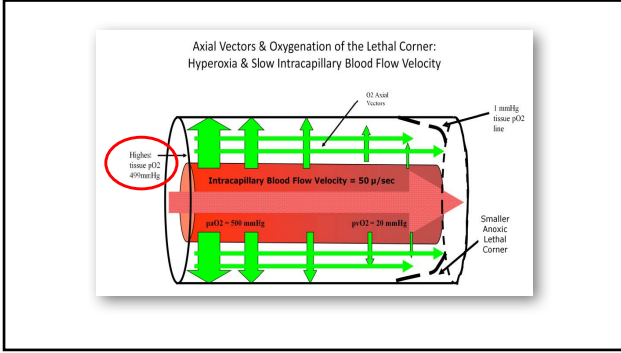
Coincident Lethal Corners

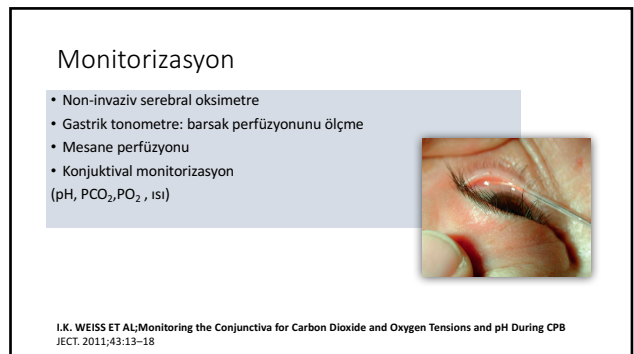
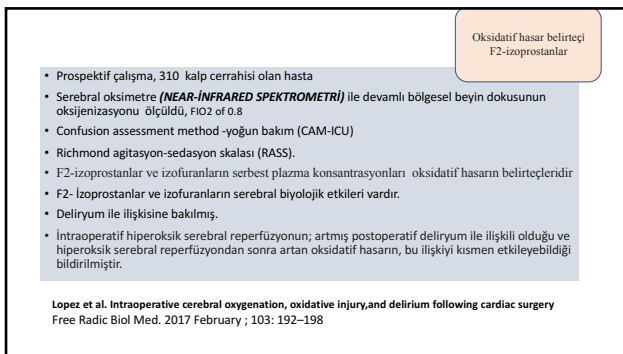
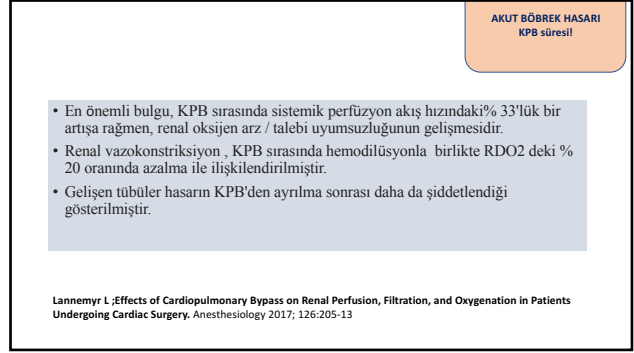
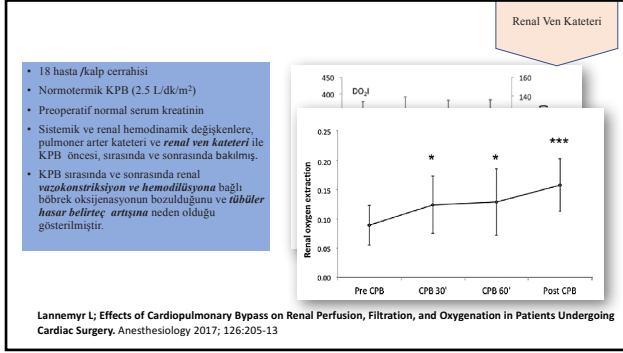
ANOXIC & HYPERCAPNIC LETHAL CORNER

ANOXIC & HYPERCAPNIC LETHAL CORNER

➢ **Anoksik lethal corner oluşumu,** rutin K/PB in tanımayan fakat yaygın bir komplikasyondur.

- Normal aralıkta vital perfüzyon parametrelerinin sürdürülmesine rağmen, baz açığı genellikle pompada veya pompa sonrası periyodunda gelişir.

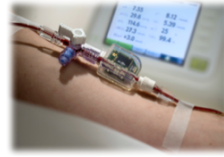




Sorin GDP™ Monitör Goal Directed Perfusion (GDP)



Devamlı in-line kan gazı monitorizasyonu






Terumo CDI 500 (Terumo Europe, Leuven, Belgium)

Multiparametrik sensor Neurovent® PTO



Mandaka Jiri, Peripheral tissue oxygenation during standard CPB and miniaturized CPB (direct oxymetric tissue perfusion monitoring study) Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. 2013 Mar; 157(1):81-89

Özet

-  Amaca yönelik perfüzyon
-  Optimal oksijen sunumu
-  İdeal belirteç ve monitorizasyon





Teşekkürler