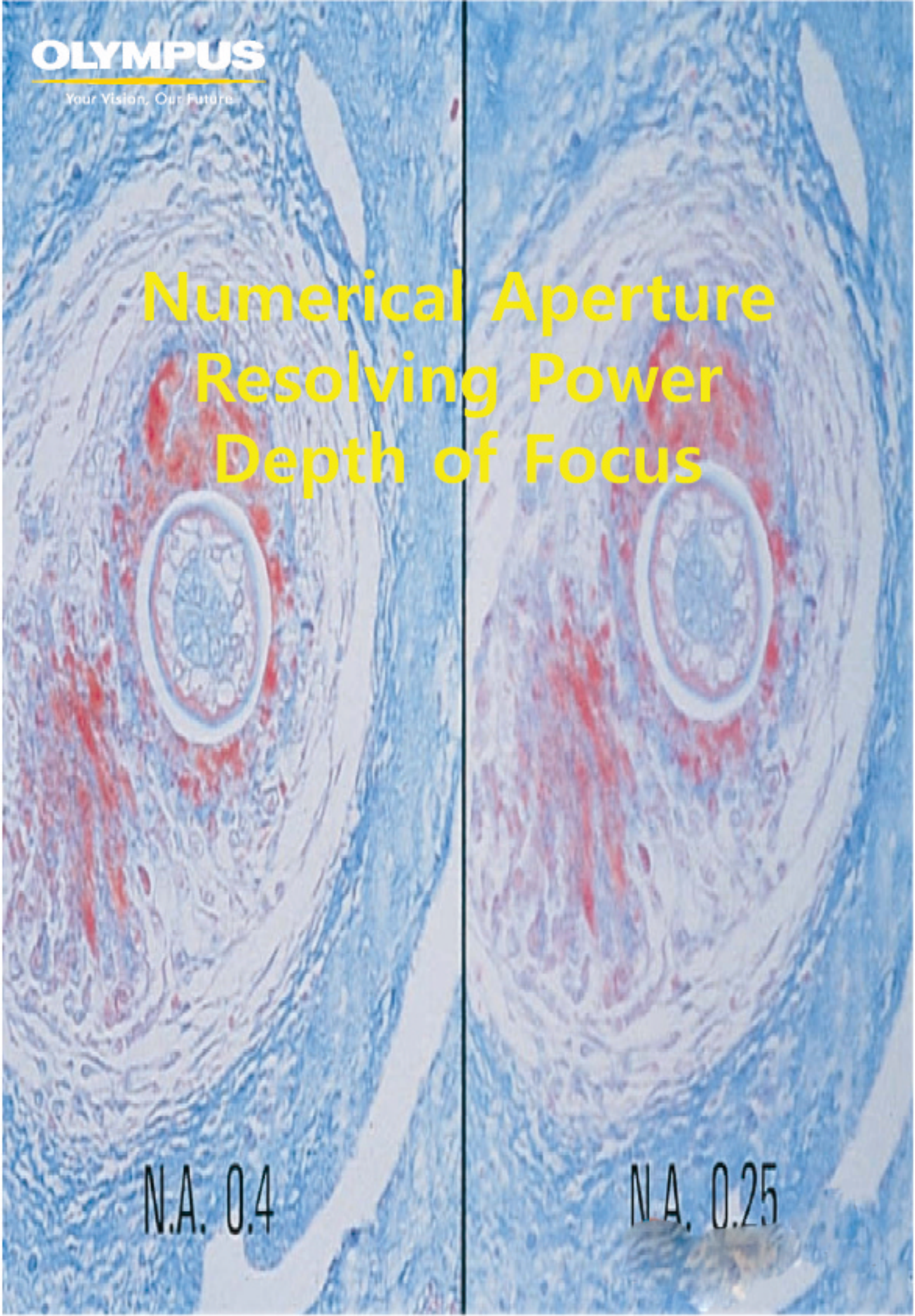
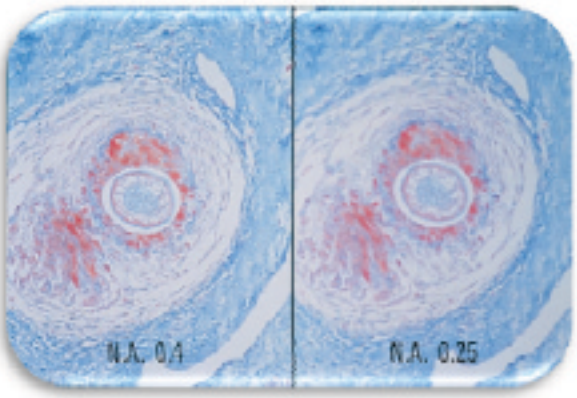
OLYMPUS

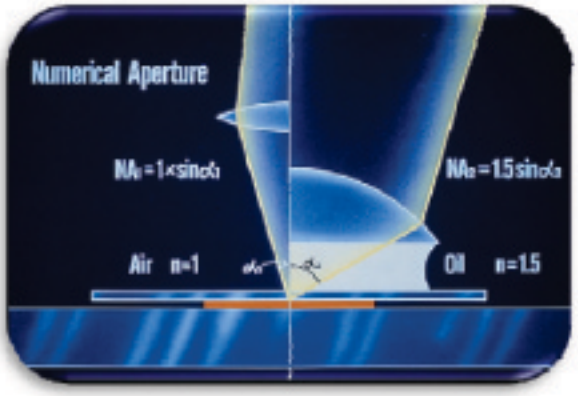
Your Vision, Our Future

Numerical Aperture
Resolving Power
Depth of Focus

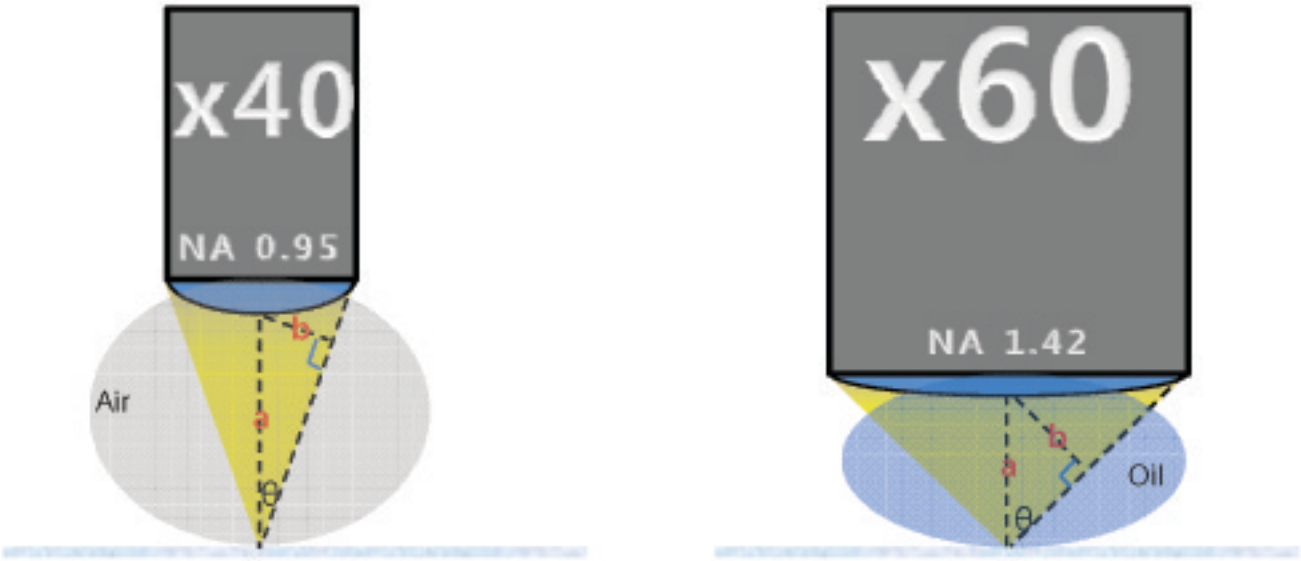




이론상으로 확대율은 거의 무한하게 증가할 수 있지만 만약 확대했을 때 이미지가 선명하지 않으면 그것은 의미가 없는 것이라 할 수 있다. 이미지의 선명함을 결정하는데 있어 중요 요인은 대물렌즈의 분해능이다. 반면 분해능은 대물렌즈의 개구수(NA=Numerical Aperture)에 의해 결정된다.



개구수는 실제로 대물렌즈의 밝기와 분해능에 영향을 주고, 카메라 렌즈의 조리게 값(F-number)과 부합된다. 개구수는 표본과 대물렌즈 사이 물질의 반사지수를 나타내는 상수값 n과 그 각도 α = θ 의 sin 값에 의해 결정된다. 건식타입은 중간물질이 공기이므로 반사지수 1을 갖는다. 반면에 오일타입은 대개 1.515와 같은 값을 가진다. α= θ 는 대물렌즈의 광학축과 가장 기울어진 광선의 입사각 사이의 각도이다. 이런 까닭에 개구수는 대물렌즈의 성능 요소 중 다른 두 점을 구분할 수 있는 능력인 분해능에 큰 영향을 미친다.
다시 말해 NA는 렌즈가 얼마의 빛을 수용할 수 있는가를 나타내는 척도이다.



공간을 채우고 있는 매질의 굴절률이 높을 수록 NA값 **Up!!**

Air = 1, Water =1.33, Oil = 1.515

[관련 공식]

$$NA = n \times \sin\theta \qquad \sin\theta = \frac{b}{a}$$

관련 공식을 보면, sin 값이 높을 수록 NA 값은 커지며, b가 길어질 수록 sin 값이 상승한다. 따라서 NA 값은 매질의 굴절률n과 sin 값에 비례하는 것을 알 수 있다.
(n=매질의 굴절률, Air=1, Water=1.33, Oil=1.515)

Resolving Power [분해능]

-> 인접해 있는 두 점을 구분해 볼 수 있는 능력

[관련공식]

$$\Delta R = K \times \frac{\lambda}{NA}$$

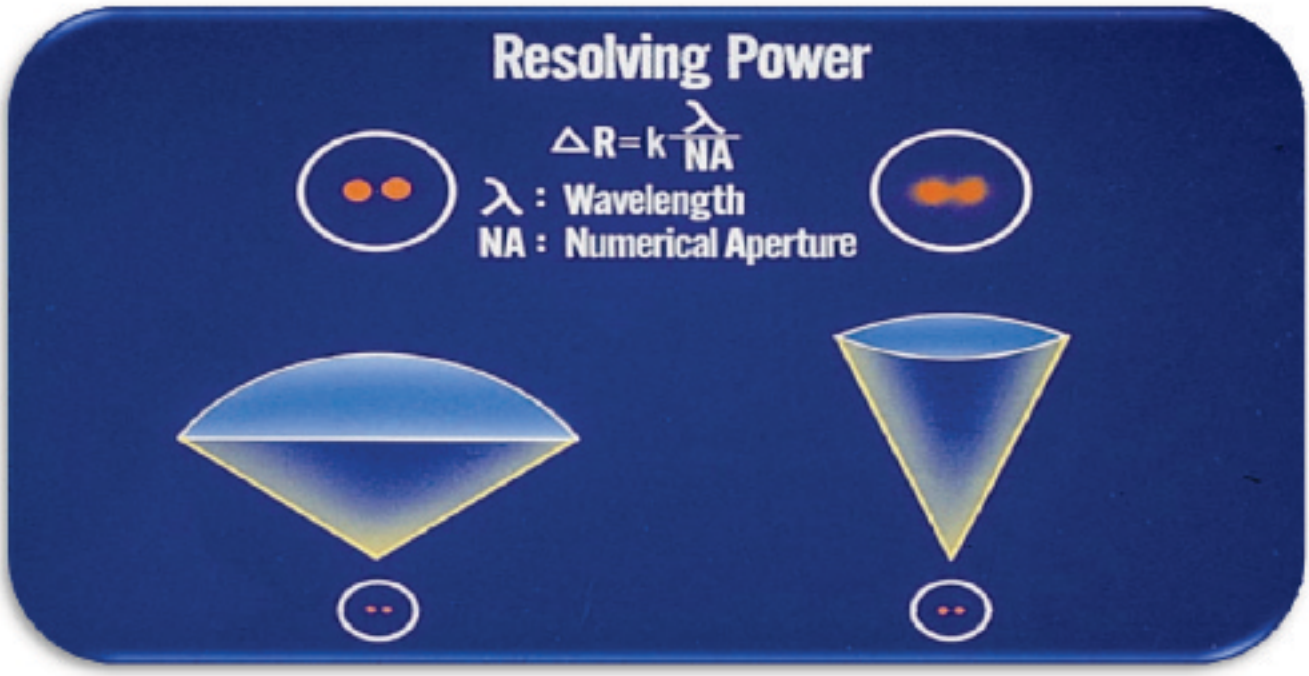
사용된 빛의 파장이 UV가까울 수록 분해능 **Up!!**

낮을 수록 분해능 **Up!!**

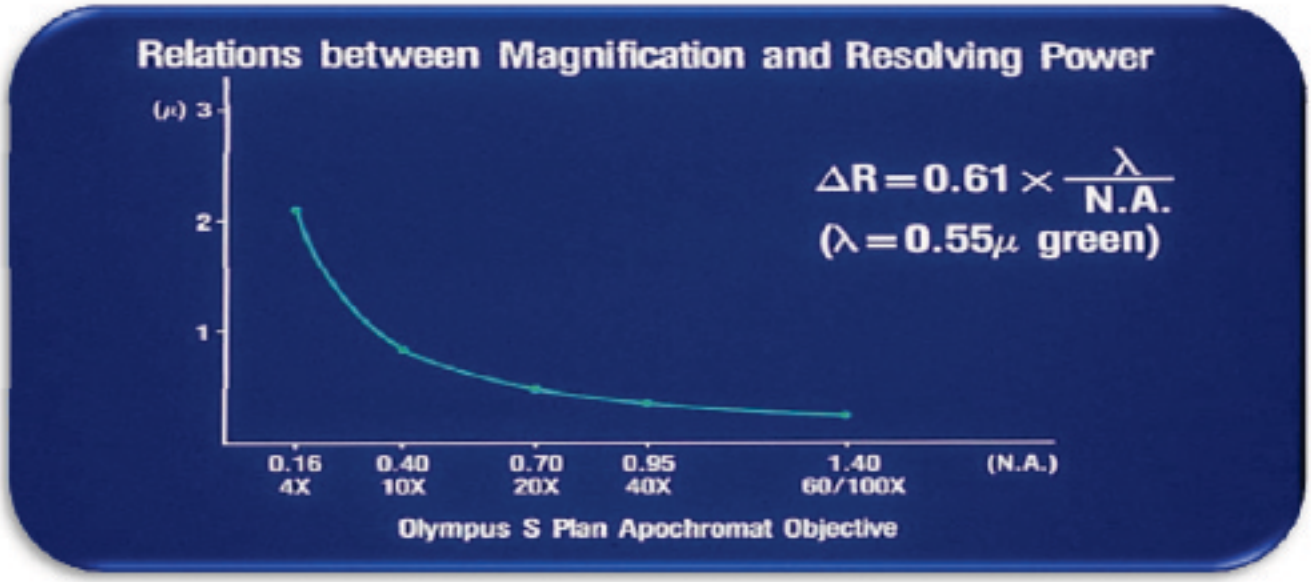
높을 수록 분해능 **Up!!**

낮을 수록 분해능 **Up!!**

그러나 이는 광학적 한계가 있어 일반적으로 **'0.61'**을 사용함



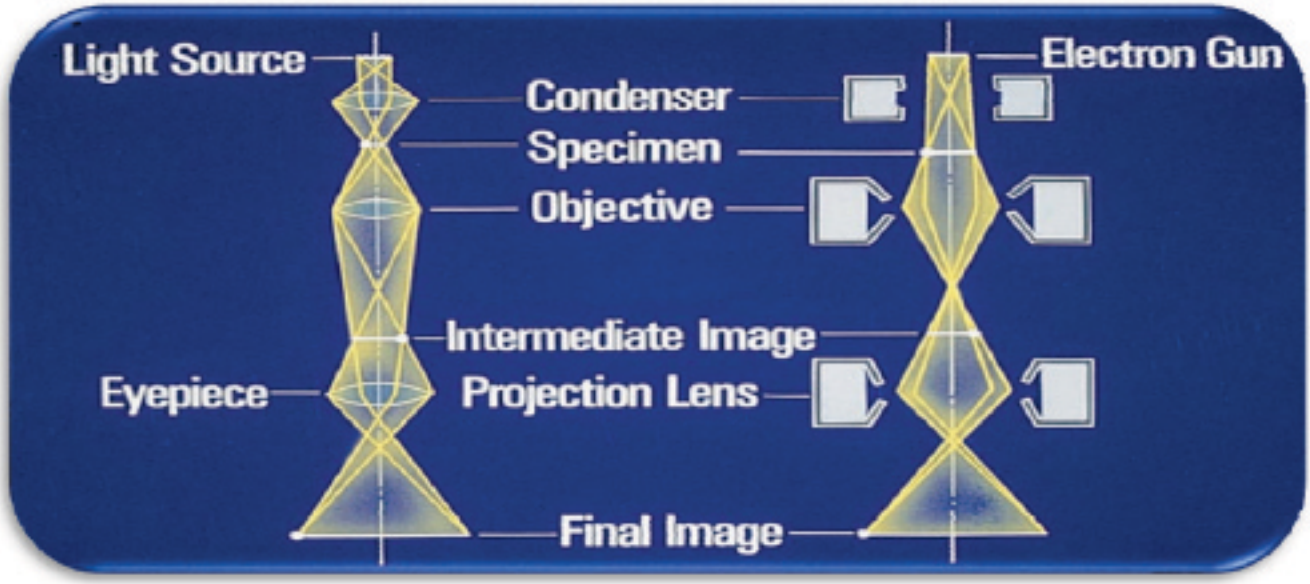
NA(Numerical Aperture)값은 대물렌즈의 성능 요소 중 다른 두 점을 구분할 수 있는 능력인 분해능(Resolving Power)에 큰 영향을 미친다. 보다 높은 분해능을 가진 대물렌즈는 보다 작은 두 점들 사이의 간격을 구분할 수 있다.



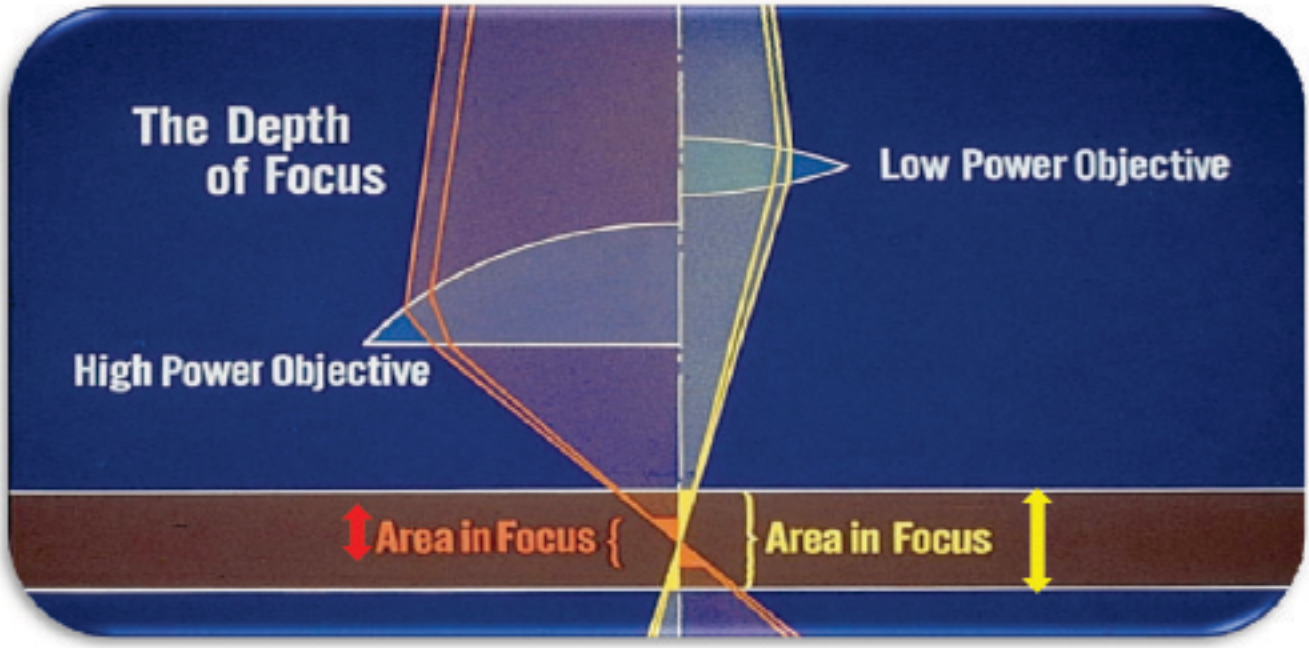
우리가 두 점 사이의 분해거리(Resolved Distance)를 ΔR이라 부른다면

$$\Delta R = K \times \frac{\lambda}{NA}$$

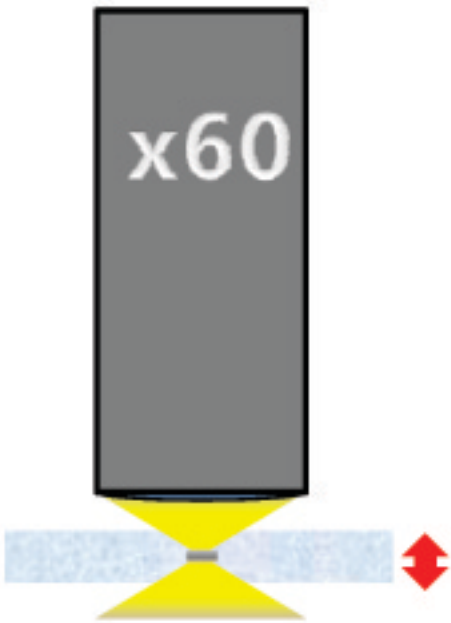
여기서 λ는 빛의 파장 길이, K는 상수이다. 파장 변화가 없는 상태에서 NA 값을 올리면 보다 작은 ΔR값을 얻을 수 있다. 광학 현미경의 최소 분해거리는 대략 0.25마이크론이다.

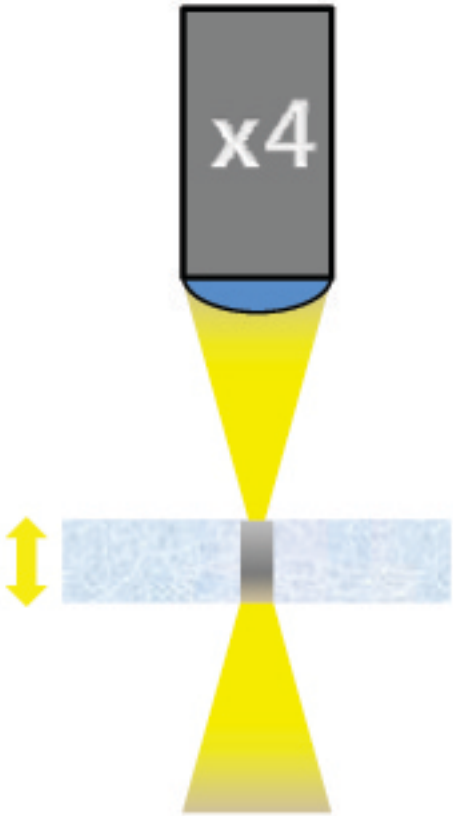


NA값의 증가는 한계가 있으므로 빛보다 짧은 파장의 전자빔을 이용, ΔR값을 보다 감소시킬 수 있다. 이 이론이 광학현미경보다 1000배 이상의 분해능을 가진 전자현미경의 원리이다. 그러나 전자현미경은 살아있는 표본 관찰이 어렵고 표본 다루기가 까다로우며 염색할 수가 없고 가격이 비싸다. 이런 까닭에 광학현미경과 전자현미경은 일반적으로 상호보완적으로 사용된다.



현미경을 설계함에 있어 또 다른 중요한 요소는 한번에 초점을 잡을 수 있는 층의 최대 깊이인 초점심도(Depth of Focus)이다. 보다 큰 심도는 두꺼운 표본의 관찰을 용이하게 한다. 그러나 심도는 대물렌즈의 배율과 NA 값에 반비례한다. 이것은 배율과 분해능이 클수록 초점심도는 얇아진다는 것을 의미한다.





[고배율 렌즈]

초점심도가 **얕다**

→ **관찰 두께가 얇아진다.**

[저배율 렌즈]

초점심도가 **깊다**

→ **관찰 두께가 두꺼워진다.**