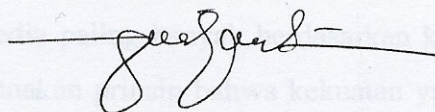


BAGIAN ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS PADJADJARAN
RUMAH SAKIT MATA CICENDO
BANDUNG

Sari Kepustakaan : *Non-Contact Tonometry dan Dynamic Contour Tonometry*
Penyaji : Teguh Budiman
Pembimbing : dr. Elsa Gustianty, SpM, M.Kes

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :

Pembimbing Unit Glaukoma



(dr. Elsa Gustianty, SpM, M.Kes)

Rabu, 01 Desember 2010

Pukul : 07.30

akurasi
presisi
reproduktibilitas
reproduktibilitas

Non-Contact Tonometry dan Dynamic Contour Tonometry

I. Pendahuluan

Pengukuran tekanan intraokuler merupakan bagian penting dari pemeriksaan pasien glaukoma atau pasien yang diduga glaukoma. Von Graefe merupakan peneliti pertama yang melaporkan adanya hubungan antara tekanan intraokuler dengan glaukoma. Tekanan intraokuler merupakan faktor risiko utama pada glaukoma dan tidak hanya penting dalam mendiagnosa glaukoma, tetapi dengan menurunkan tekanan intraokuler terbukti merupakan hal yang dapat mencegah kerusakan glaukomatus dari saraf optik atau memperlambat progresivitas jika telah terjadi kerusakan.¹

Prinsip kerja dan penggunaan tonometer yang digunakan dalam mengukur tekanan intraokuler sangat penting diketahui untuk menegakan keakuratan hasil pengukuran. Tonometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur aspek-aspek fisik bola mata dalam mendapatkan nilai tekanan tanpa harus membuat kanul pada mata. Suatu tonometer dikatakan efektif bila dalam pengukurannya didapatkan nilai yang akurat dan pemeriksaannya dapat diulang (*accuracy and repeatability*).¹

Tonometer yang tersedia paling banyak berdasarkan kepada prinsip aplansi dari kornea. Alat ini menggunakan prinsip bahwa kekuatan yang diberikan terhadap permukaan luar kornea merefleksikan tekanan pada endotel dan lebih jauh lagi tekanan bilik mata depan dan vitreus. Persamaan yang dapat menjelaskan hal ini adalah $F / A = P_{cp} + tIOP$, dimana F adalah kekuatan yang diberikan kepada area permukaan luar kornea (A), P_{cp} adalah tekanan yang berhubungan dengan faktor-faktor kornea dan tIOP adalah tekanan intraokuler yang sebenarnya.²

Menurut persamaan diatas pada keadaan yang ideal dimana kornea tipis dan spheris maka tekanan dari luar akan sama dengan tekanan intraokuler yang sebenarnya jika diasumsikan bahwa ketebalan dan elastisitas kornea semua individu adalah identik, akan tetapi walau bagaimanapun perbedaan dari faktor-faktor tersebut tetap ada pada setiap individu tergantung dari usia, ras dan abnormalitas kornea, oleh

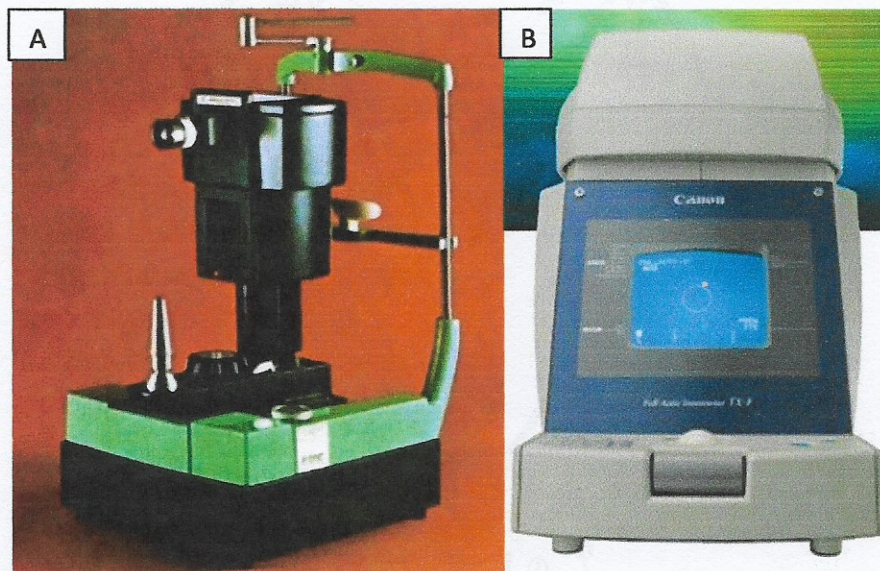
- Akurasi repeatability
- Presisi reproducibility

karena itu akurasi suatu tonometer tergantung dari faktor-faktor fisik kornea diantaranya adalah ketebalan, kurvatura dan faktor biomekanik kornea.²

Secara garis besar tonometer dapat dibagi berdasarkan prinsip kerjanya, antara lain tonometer indentasi (tonometer Schiotz), tonometer aplanasi (diantaranya tonometer aplanasi Goldmann, Tonopen, tonometer Perkins) serta tonometer nonkontak.³ Pada sari kepustakaan ini akan dibahas mengenai *Non-Contact Tonometry* (NCT) dan tonometer terbaru yaitu *Dynamic Contour Tonometry* (DCT)

II. *Non-Contact Tonometry* (NCT)

Non-Contact Tonometry (NCT) pertama kali diperkenalkan oleh Grolman pada tahun 1972.^{1,2,3,4} meskipun secara prinsip telah dikemukakan oleh Erich Zeiss pada tahun 1951.⁴ NCT berguna pada program skrining karena dapat dioperasikan oleh tenaga non medis serta tidak memerlukan anestesi topikal karena tidak terdapat kontak langsung antara alat dengan mata.⁴ Saat ini sudah banyak jenis NCT yang tersedia secara komersil dari berbagai merk.



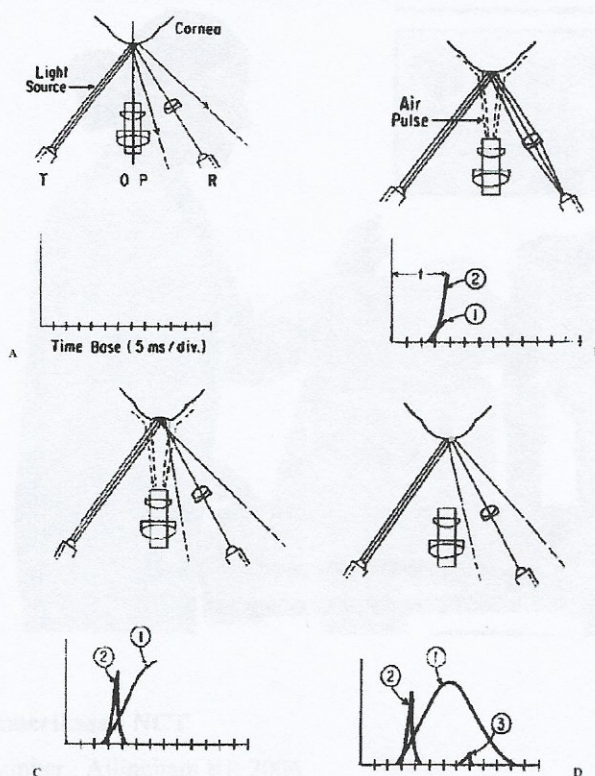
Gambar 1. A. Generasi pertama Grolman *Non-Contact Tonometry* (NCT) B. NCT generasi modern

Sumber: Garg, A 2006

2.1. Prinsip Kerja NCT

Pada fase awal sumber cahaya dari *transmitter* (T) direfleksikan oleh kornea kepada *receiver* (R) ketika kornea disejajarkan dengan sistem optik (O) (gambar 2.A). Tiupan udara dari sistem pneumatik (P) merubah kornea menjadi lebih datar yang mengakibatkan bertambahnya cahaya yang direfleksikan oleh kornea yang diterima dan dideteksi oleh R. (gambar 2B).⁵

Waktu dari pertama kali udara ditiupkan sampai cahaya maksimum yang terdeteksi oleh R dikonversikan kepada tekanan intraokuler (berdasarkan kalibrasi dari Goldmann Aplanasi Tonometri dan ditampilkan dalam bentuk digital). Tiupan udara yang berlanjut menyebabkan momentum konkafitas dari kornea menyebabkan penurunan tajam dari cahaya yang diterima oleh R (gambar 2C). Pada saat kornea kembali kepada fase awal terjadi momentum aplanasi kedua yang mengakibatkan kenaikan cahaya kedua yang diterima oleh R (gambar 2D).⁵



Gambar 2. Prinsip Kerja NCT

Sumber : Allingham R.R 2006

2.2. Teknik Pemeriksaan

Setelah menjelaskan kepada pasien apa yang akan kita lakukan pada saat pemeriksaan, posisi dan ketinggian alat diatur sehingga didapatkan posisi yang nyaman. Pasien diminta untuk melihat target dan pada saat itu operator mensejajarkan kornea dengan menyatukan refleksi target dari kornea pasien dengan cincin stasioner.⁵

Ketika kornea benar-benar sejajar, operator menekan tombol yang mengakibatkan keluarnya tiupan udara langsung mengenai kornea dan tekanan intraokuler disajikan dalam bentuk digital dan dicetak.⁵ Waktu pengukuran yang dilakukan pada NCT sangat singkat (1 sampai 3 ms) maka hasil yang didapat mungkin sangat bervariasi tergantung kepada fase pulsasi okuler, sehingga pemeriksaan harus dilakukan beberapa kali (direkomendasikan 3 kali pemeriksaan) dan diambil angka rata-rata.^{5,6,7}



Gambar 3. Pemeriksaan NCT

Sumber : Allingham RR 2006

2.3. Keuntungan NCT

Secara garis besar, keuntungan NCT dibandingkan tonometri kontak adalah sebagai berikut^{3,7} :

1. Tidak diperlukan anestesi topikal
2. Risiko kerusakan permukaan kornea dapat dikurangi
3. Instrumen non kontak kurang sensitif terhadap teknik operator
4. Risiko penularan infeksi atau kontaminasi sangat kecil
5. Tekanan intraokuler dapat direkam secara cepat
6. Lebih mudah diterima oleh pasien anak-anak atau individu yang sensitif terhadap adanya kontak dengan kornea
7. Dapat digunakan oleh tenaga non medis yang terlatih, sehingga dapat meningkatkan kemungkinan dilakukannya skrining pemeriksaan tekanan intraokuler secara luas

2.4. Akurasi NCT

Pada awal keberadaanya, NCT tidak dipertimbangkan sebagai cara yang paling akurat dalam mengukur tekanan intraokuler. Pada pemeriksaan tekanan yang rendah didapatkan hasil yang *overestimate* dan pada pemeriksaan tekanan yang tinggi didapatkan hasil *underestimate*. Versi pertama dari NCT menunjukkan kesesuaian yang wajar dengan Goldmann Applanation Tonometry (GAT) sekitar ± 3 mmHg, akan tetapi cenderung *overestimate* pada tekanan dibawah 10 mmHg dan *underestimate* pada nilai diatas 19 mmHg.²

Lain halnya dengan NCT generasi modern yang berkesesuaian sangat baik dengan tekanan intraokuler yang diukur menggunakan GAT, meskipun masih cenderung secara sistematis *overestimate* sekitar antara 0,12 – 0,58 mmHg. Sehubungan dengan pengaruh factor-faktor kornea terhadap pengukuran menggunakan NCT, sepertinya NCT lebih dipengaruhi oleh ketebalan atau *Central Corneal Thickness* (CCT) dibanding GAT. Pada kornea yang tipis NCT dan GAT berkorelasi dengan baik, akan tetapi pada kornea yang lebih tebal, NCT sepertinya menghasilkan pembacaan yang lebih tinggi.²

III. *Dynamic Contour Tonometry (DCT)*

Dynamic Contour Tonometry (DCT) pertama kali diperkenalkan kepada komunitas ophthalmologi pada tahun 2002. Desain dari tonometer ini bertujuan untuk mengembangkan metode langsung non invasif dalam pengukuran tekanan intraokuler yang secara relatif tidak dipengaruhi oleh variasi biomekanik kornea antar individu.^{8,9}



Gambar 3. Prinsip kerja DCT secara skematis

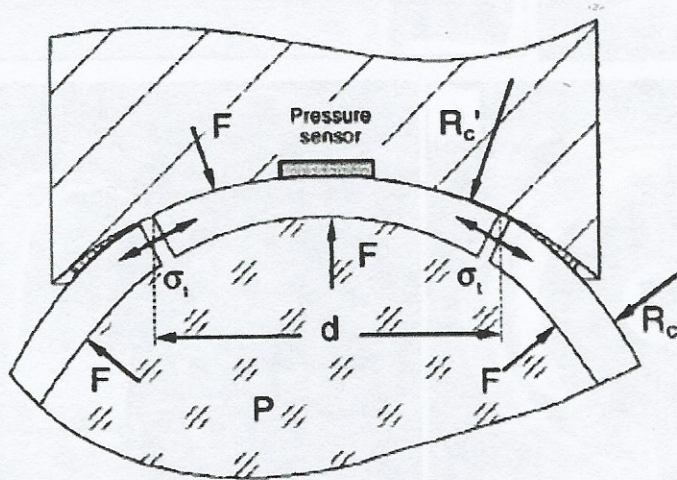
Gambar 4. *Dynamic Contour Tonometry (DCT)*

Sumber : Becker 2009

3.1. Prinsip Kerja DCT

Prinsip kerja DCT adalah adanya suatu *contour matching* atau penyesuaian permukaan. Teori yang mendasarinya adalah bahwa jika mata dikelilingi oleh suatu permukaan yang tertutup atau suatu cangkang yang ketat sehingga mata dapat mempertahankan bentuk naturalnya tanpa adanya suatu distorsi, maka tenaga yang diakibatkan oleh tekanan intraokuler akan bekerja pada pada cangkang atau dinding tersebut. Mengganti sebagian dari cangkang tersebut dengan suatu sensor tekanan akan mampu mengukur tenaga tersebut, sehingga tekanan intraokulerpun dapat diukur.^{8,9,10}

Gambar 4 menjelaskan perubahan kontur kornea selama pemeriksaan dengan menggunakan DCT. Gaya atau tenaga (F) yang dihasilkan oleh tekanan intraokuler (P) mengakibatkan tekanan tangensial di bagian dalam kornea. Jika area penyesuaian kontur (A_c) didefinisikan sebagai diameter (d) dianggap terpisah dari F yang bekerja pada kedua sisi kornea maka bagian kornea di sekitar *apex* bebas dari tekanan. Bagaimanapun di sekitar area A_c , tenaga F hanya dari dalam dan menyebabkan tekanan tangensial yang menyebar secara konsentris.¹⁰



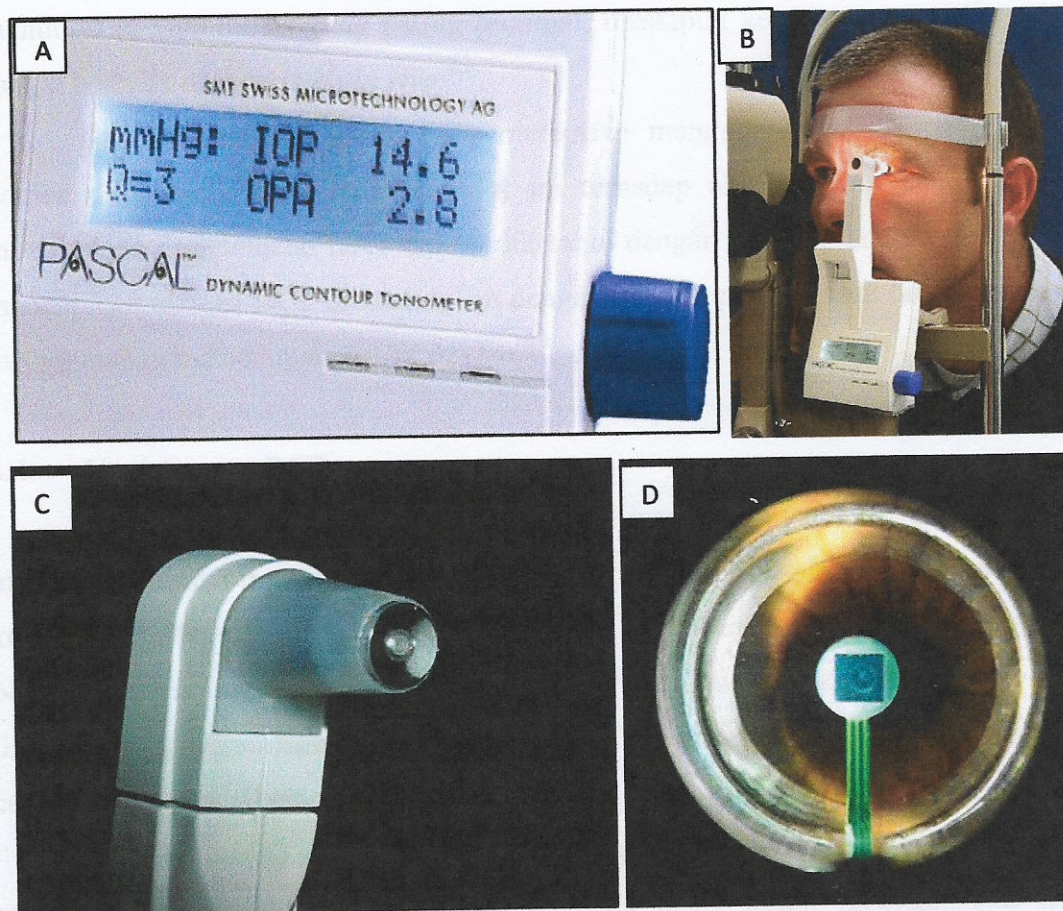
Gambar 5. Prinsip kerja DCT secara skematik

Sumber : Scheider 2006

3.2. Teknik Pemeriksaan

Pada prinsipnya teknik pemeriksaan DCT identik dengan pemeriksaan dengan menggunakan GAT karena DCT ditempatkan pada slit lamp sama seperti GAT. Setelah mata pasien ditetesi anestesi topikal, letakan ujung tip pada permukaan kornea. Pada saat bagian kornea ditutupi oleh ujung tip, sensor tekanan melakukan penghitungan tekanan sebanyak 100x/detik (100 Hz), perhitungan komplit selama 8 detik atau 5 – 8 kali denyut jantung.

Pada saat pengukuran akan terdengar suara sebagai acuan bahwa posisi tip tepat pada kornea. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar secara digital.



Gambar 6. A. Layar digital pada DCT ; IOP (*Intraocular Pressure*), Q (*Quality score*), OPA (*Ocular Pulse Amplitude*) B. DCT ditempatkan pada slit lamp. C. Tip sensor pada DCT D. Pandangan melalui tip sensor

Sumber : Becker 2009

3.3. Akurasi DCT

Kniested dan kawan-kawan melakukan penelitian yang membandingkan pemeriksaan tekanan intraokuler menggunakan DCT, pneumotonometer dan GAT pada 16 mata cadaver yang baru dienukleasi. Sebagai pembanding dilakukan pemeriksaan tekanan intraokuler menggunakan manometer intrakameral.^{8,9}

Hasi penelitian ini menunjukkan bahwa DCT memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan 2 teknik pemeriksaan lainnya. Hasil pembacaan menggunakan DCT lebih mendekati kepada nilai yang didapatkan dengan metode manometer dan

$$\begin{array}{l} Q = 1 \\ Q = 2 \\ \hline Q = 3 \end{array}$$
 4-5 diulang

menunjukkan variabilitas yang paling minimal, meskipun keadaan mata postmortem sangat berbeda dengan mata *in vivo*.^{8,9}

Dalam penelitian ini, guna pemeriksaan menggunakan manometer, epitel kornea dilepaskan. Efek dari prosedur ini terhadap akurasi pengukuran tekanan intraokuler menggunakan GAT belum diketahui dengan pasti. Standar emas untuk menentukan akurasi DCT dibandingkan dengan teknik pemeriksaan lainnya sebaiknya menggunakan metode manometer *in vivo*.^{8,9}

3.4. Keuntungan DCT

Dynamic Contour Tonometry (DCT) merupakan metode terkini untuk mengukur tekanan intraokuler dan tampak tidak dipengaruhi oleh faktor biomekanik kornea. Kauffman dan kawan-kawan dalam penelitiannya melaporkan bahwa pengukuran tekanan intraokuler menggunakan DCT memberikan kesesuaian yang tinggi dengan pemeriksaan menggunakan GAT meskipun adanya variabilitas yang cukup besar pada beberapa mata.⁹

Variabilitas ini diduga diakibatkan oleh belum terbiasanya baik itu pasien maupun pemeriksa terutama dikarenakan pada pemeriksaan menggunakan DCT diperlukan kontak kornea yang lebih lama (minimal 5 sampai 8 detik untuk pembacaan yang adekuat menggunakan DCT dibandingkan hanya 1 detik jika menggunakan GAT). Dengan penggunaan secara reguler maka variabilitas ini diharapkan dapat berkurang.⁹

DCT relatif tidak terpengaruh oleh efek ketebalan kornea sentral (CCT) dan faktor biomekanik kornea yang diakibatkan oleh tindakan bedah refraktif. Hal ini menyebabkan DCT merupakan teknologi baru yang menjanjikan, meskipun sejauh ini GAT masih merupakan metode terpilih atau standar emas dalam pemeriksaan tekanan intraokuler.^{9,10}

DAFTAR PUSTAKA

1. Gupta D. Glaucoma Diagnosis and Management. Philadelphia: Lippincot William & Wilkins; 2005. h.55-9
2. Gustavo CV, Prata TS, Liebmann J, Ritch R. Modalities of Tonometry and their Accuracy with Respect to Coenal Thickness and Irregularities. J Optom: 2008;1;43-49
3. Harper R, Henson DB. Diagnosis of the glaucomas 2: Intraocular pressure. Dalam : Edgar D, Rudnicka A. Glaucoma Identification and Co-Management. Philadelphia: Butterworth-Heinemann; 2007. h.107-11
4. Stamper RL, Lieberman MF, Drake MV. Becker-Shaffer's Diagnosis & Therapy of the Glaucomas. Edisi kedelapan. Philadelphia: Mosby; 2009. h.47-20
5. Allingham RR, Damji K, Freedman S, Moroi S, Shafranov G. Shield's Textbook of Glaucoma. Edisi kelima. Philadelphia: Lippincot William & Wilkins; 2006. h.36-22
6. Jampel H. Intraocular Pressure and Tonometry. Dalam : Glaucoma Science and Practice. New York: Thieme; 2003. h.57-20
7. Schottenstein EM. Intraocular Pressure and Tonometry . Dalam :Ritch R, Shields MB, Krupin T. The Glaucomas; Glaucoma Therapy. Edisi kedua. Philadelphia: Mosby; 1996. h. 407-21
8. Weinreb RN, Brandt JD, Heath DG, Medeiros F. Intraocular Pressure : Consensus Series 4. Amsterdam : Kugler Publications; 2007. h.17-37
9. Garg A. Tonometry. Dalam : Garg A, Melamed M, Nortensen JN. Mastering the Techniques of Glaucoma Diagnosis and Management. New Delhi: Jaypee Brothers; 2006. h.65-12
10. Schneider E, Kanngiesser HE, Kniestedt C. Dynamic Contour Tonometry. Dalam : Stamper R, Grehn F.Essentials in Ophthalmology. Berlin: Springer; 2006. h.47-16