

22. Wilkin TJ. The accelerator hypothesis: weight gain as the missing link between Type I and Type II diabetes. *Diabetologia* 2001;44:914-22.
23. Colhoun HM, Betteridge DJ, Durrington PN et al. Primary prevention of cardiovascular disease with atorvastatin in type 2 diabetes in the Collaborative Atorvastatin Diabetes Study (CARDS): multicentre randomised placebo-controlled trial. *Lancet* 2004;364:685-96.
24. Taskinen MR. Diabetic dyslipidaemia: from basic research to clinical practice. *Diabetologia* 2003;46:733-49.
25. Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *New Engl J Med* 2001;344:1343-50.

Klinisk ganganalyse

En oversigt over anvendeligheden af et ganglaboratorium

Overlæge Stig Sonne-Holm, ganglaboratorieleder Jesper Bencke & overlæge Stig Jacobsen

Hvidovre Hospital, Ortopædkirurgisk Afdeling, Ganganalyselaboratoriet, og
Marshfield Hospital, Department of Ortopædic Surgery and Gait Laboratory, Wisconsin, USA

Patologiske gangmønstre kan skyldes medfødte, udviklede eller påførte skader på flere niveauer. Perifere muskuloskeletale sygdomme som slidgigt, myopati eller perifere sensoriske forstyrrelser medfører *low level*-gangforstyrrelser, mens *middle level*-gangforstyrrelser som f.eks. spastiske gangmønstre og dystonisk gang udløses af neurologiske skader på centralt niveau. *Highest level*-gangforstyrrelser dækker over de skader, der ikke kan forklares ved muskuloskeletale, spastiske, cerebellare eller ekstrapyramidale syndromer [1]. For at kunne differentiere mellem de forskellige niveauer af gangforstyrrelser og dermed kunne behandle har man brug for en pålidelig og objektiv vurdering af de patologiske bevægelser og en kvantificering af deres omfang. Tidligere har teknologiens begrænsninger betydet, at kliniske diagnoser og behandlinger er blevet besluttet ud fra subjektive og kvalitative vurderinger af bevægelsernes afvigende karakter. Visuel vurdering af patologisk gang er ikke fyldestgørende pga. kompleksiteten af bevægelsen. Videoundersøgelser er en hjælp, fordi man har mulighed for se bevægelserne i slowmotion eller fryse billedet, men det kan være svært at vurdere vinkler korrekt ud fra todimensionale film og billeder.

I takt med teknologiens udvikling er avanceret udstyr til objektive, kvantitative, tredimensionale bevægelsesanalyser, inklusive moment-, kraft- og effektmålinger i gangcyklus, blevet udviklet, hvilket har medført oprettelsen af kliniske gang- og bevægelseslaboratorier tilknyttet universiteter og hospitaler i USA og Europa. I udlandet har sådanne laboratorier eksisteret i 15-20 år, og inden for de seneste år er til-

svarende laboratorier blevet oprettet på hospitaler i Danmark.

Det betyder, at vi nu i Danmark kan tilføje tredimensionale, kvantitative ganganalyser til de eksisterende undersøgelsesmetoder og dermed forbedre grundlaget for at give den korrekte behandling. En af pionererne inden for kliniske ganganalyser skrev: »Until the advent of clinical gait analyses laboratories, the treatment of cerebral palsy was an art, not a science« [2].

I denne artikel beskrives biomekaniske ganganalyser ud fra klinikerens behov for specificering af lidelsens karakter for at kunne behandle en patient med en patologisk gangfunktion.

Beskrivelse af en ganganalyse

Hvordan udføres en biomekanisk ganganalyse?

En tredimensionel biomekanisk ganganalyse beskriver objektivt det komplekse gangmønster ud fra kinematiske (dvs. beskrivelse af ledvinkler, ledvinkelhastigheder etc.) og kinetiske (dvs. udviklede kræfter, momenter og effekt omkring de involverede led) målinger, og samtidig foretages der beregninger i tre dimensioner. Ganganalysen udføres i et laboratorium med en gangbane og rundt om gangbanen er der opsat seks eller flere specielle infrarøde kameraer (**Figur 1**). Hvert af kameraerne kan afbillede rummet med en todimensional flade. Desuden er en eller flere kraftplatforme installeret i gulvet i niveau med gangbanen til registrering af intensiteten og den nøjagtige placering af de kræfter, som patienten trykker mod underlaget med under et gangskridt. Før selve undersøgelsen indledes, kalibreres kameraerne, således at placeringen af kraftplatformene i rummet defineres for alle kameraerne, og en samlet tredimensionel placering beregnes på baggrund af alle kameraernes todimensionale koordinater. Desuden foretages antropometriske målinger af patienten, såsom benlængder, ledtykkelser, højde og vægt.

På patientens hud påmonteres små reflektive markører ud for fast definerede anatomiske strukturer. Disse markører kan

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL



Figur 1. Et ganglaboratorielokale. Bemærk kameraernes placering rundt om gangbanen.

hver »ses« af to eller flere kameraer, og hver markørs position i rummet på et givent tidspunkt kan derfor beregnes som et tredimensionalt koordinat ved beregning ud fra minimum to kameraers todimensionale koordinater.

Patienten kan nu gå ad gangbanen og henover kraftplatformene med sit vanlige gangmønster, mens kameraerne filmer, og kraftplatformene registrerer de udviklede kræfter. Gangen vil typisk blive filmet med 100 billeder i sekundet. Samtlige data opsamles synkroniseret i en pc med special software. Ud fra markørkoordinaterne og de antropometriske målinger kan ledcentrum for hofte-, knæ- og ankelled nu beregnes, og ved at beregne forskellene mellem hvert enkelt filmbillede kan ledvinkelbevægelser beregnes. Ved at kombinere ledbevægelserne med kraftplatformregistreringerne kan de udviklede nettomomenter omkring de forskellige led beregnes, og resultaterne af ganganalysen kan præsenteres som almindelige videosekvenser, grafer og animerede figurer i en digital rapport. På grund af den automatiske registrering af markørpositionerne og den synkroniserede

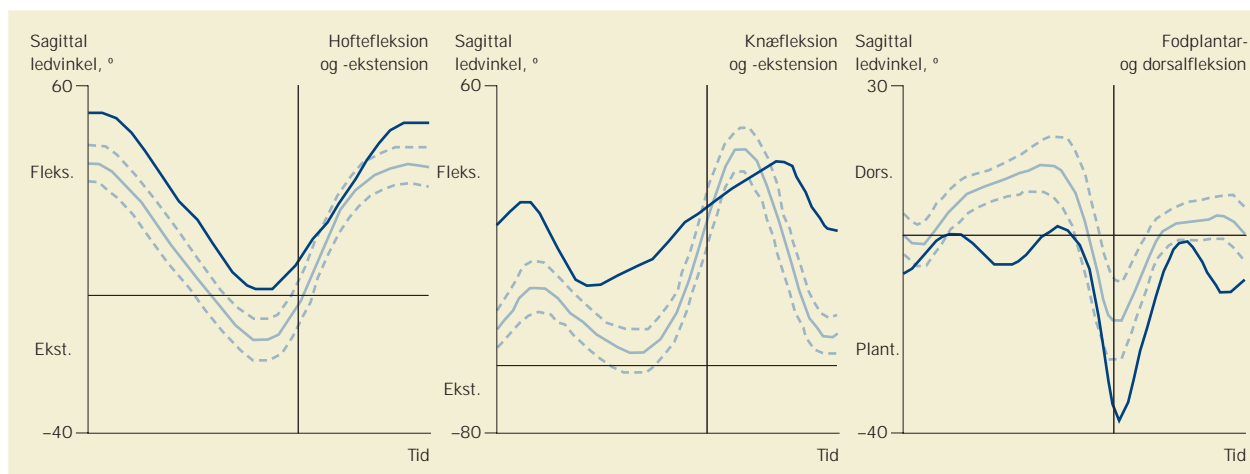
optagelse af kraftplatformdata og filmdata kan resultaterne af ganganalysen relativt hurtigt genereres af en pc, således at undersøgelsen kan anvendes i klinisk sammenhæng. Selve undersøgelsen, inklusive antropometriske målinger og montering af markører, tager 1½-2½ time, afhængigt af patientens tilstand. Derudover bruges der 1-1½ time på beregning og tolkning af data samt forberedelse af oplæg til tværfaglig konference.

Ganganalysen kan udvides med simultant elektromyografi (EMG)-registrering af udvalgte muskler. EMG-målingerne kan studeres synkroniseret med graferne fra selve ganganalysen. Desuden kan energiforbruget under gangen kvantificeres ved et bærbart apparatur til måling af iltforbrug og kuldioxidudskillelse. En fysisk gennemgang af patienten »på lejet« med registrering af ledbevægelighed, tonus, spasticitet og styrke komplementerer undersøgelsesprogrammet inden fremlæggelse for klinikerne.

Normal og patologisk gang

For at præstere normal gang kræves der fem basale elementer, som ofte er forstyrret eller udeblivende i patologisk gang [2, 3]: 1) stabilitet i standfasen, 2) foden tilstrækkelig fri af gulvet i svingfasen, 3) passende positionering af foden før gulvkontakt, 4) tilstrækkelig skridtlængde og 5) energibevarende bevægelse.

Som eksempel kan der i **Figur 2** ses kurver fra en patient med cerebral parese og patologisk gangmønster. Som følge af stramme lægmuskler er stabiliteten i standfasen ikke optimal, og skridtlængden er derfor forkortet. På grund af stramningen kan foden ikke placeres normalt før gulvkontakt, og kompensatorisk fleksion i knæ- og hofteled er nødvendig for opretholdelse af stabiliteten i standfasen. Desuden er der øget fleksion af hoften for at løfte foden fri af gulvet i svingfasen. Alle disse kompensationer betyder et øget energiforbrug og derfor større anstrengelse ved gang.



Figur 2. De mørkeblå kurver illustrerer sagittale ledvinkler under en hel patologisk gangcyklus. Vertikale linjer angiver relativt tidspunkt for løft af fod. De lyseblå kurver er normalværdier med angivelse af tilhørende standardafvigelse (stiplede kurver).

Brug af ganganalyser ved behandling af cerebral parese

Målet med behandlingen af patienter med cerebral parese (CP) er at forbedre deres kommunikationsevne, evne til at udføre daglige aktiviteter, mobilitet og gangfunktion. Moderne ortopædisk behandling af patienter med CP starter med fysioterapi fulgt af behandling for at reducere spasticiteten. Botulinumtoksin, baclofenpumpe og rhizotomi har hver deres indikation for at reducere spasticitet, og denne behandling kan da efterfølges af ortopædkirurgiske indgreb for at forbedre gangfunktionen permanent. På afdelinger med adgang til ganglaboratorier er det rutine at gennemføre ganganalyser før og efter behandling af spastikere med ortopædkirurgi eller før og efter behandling med botulinumtoksininjektioner for at vurdere behandlingsresultatet. Er der effekt af botulinumtoksin indebærer det oftest gentagne injektioner med seks månedersintervaller. En vigtig indikation for en ganganalyse er at sammenligne gangen før og efter ordination af en ortose til under-ekstremiteterne. Ved selektiv blokade af motoriske nerver til enkelte muskler anvendes ganganalyse til vurdering af effekten inden varig blokade med fenol eller transposition af musklen.

Uden ganglaboratorier ville vi i dag ikke have samme forståelse for patologisk gang. Eksempelvis kan en ganganalyse vise:

- Om en øget knæflexion i standfasen skyldes hælsefor-kortning eller for stramme hasemusler.
- Om rotationsfejlstillinger i femur og/eller tibia er skyld i nedsat plantarflexor-moment fra foden i standfasen, hvilket igen kan medføre øget knæflexion i midterste og sidste del af standfasen.
- Sammen med EMG-målinger om stiv knægang skyldes en spastisk m. rectus femoris, der er aktiveret ude af fase, eller manglende plantarflexion medførende reduceret knæflexion i slutningen af standfasen.

I ovennævnte tre eksempler kan klinikerne blive vejledt i, hvor der skal gives botulinum, hvilke sener der kan forlænges, eller hvilke knogler der kan deroteres for at bedre gangfunktionen.

Andre diagnosegrupper

Amputationer

Energiforbruget ved gang hos amputerede er markant øget i forhold til hos ikkeamputerede og er en af årsagerne til, at nogle ældre personer med femuramputationer ikke opnår gangfunktion. Genoptræning af amputerede med protese-træning er en halvårsprocedure med gentagne fælles konsultationer hos fysioterapeut, bandagist og kirurg. Ganganalyser af amputerede er et relativt uopdyrket område og indgår ikke rutinemæssigt i den postoperative protesevurdering. Imidlertid har flere sammenlignende undersøgelser af for-

skellige proteser med forskellige led og protesefødder været vejledende for videreudviklingen af proteserne.

Effektmålene har været ganghastighed, afvikling af hæl/fodkontakten, balance og ikke mindst leddenes (såvel de naturlige som protesens) bevægelighed [4]. Med måling af ilt-forbrug under en gangtest er det eksempelvis muligt at påvise en mindskning af energiforbruget ved ekstremitetsbevarende kirurgi frem for amputation ved kongenitte defekter [5].

Alloplastikker

Erfaringerne med ganganalyser før og efter alloplastikoperation og ved sammenligning af forskellige alloplastiktyper er beskedne, dog findes der i litteraturen valide opgørelser, hvori man dokumenterer, at en vellykket knæalloplastik giver tilnærmelsesvis normalt gangmønster, og i undersøgelser har man vist, at analyserne ikke kan vise forskel på patienter, hvis bagerste korsbånd er intakt, og patienter, der har fået indsat et posterioort stabiliserende knæ, hvor det bagerste korsbånd er fjernet [6].

Forskelle i gangfunktionen ved en total hoftealloplastik og en hemialloplastik er påvist i en undersøgelse.

Videreudvikling af procedurer ved indsættelse af alloplastikker som eksempelvis træningsintensitetens betydning for tidspunkt for normal gang og perioperativ smertelindrings betydning for samme kan objektivt gøres op ved ganganalyser.

Stroke

I flere undersøgelser over effekten af fysisk træning, ortoser og *functional electric simulation* (FES) som led i behandlingen af patienter med følger efter *stroke* eller traumatiske hjerneskade anvender man ganganalyser til objektivisering af resultaterne. Generelt gælder det, at man ved rehabilitering herunder fysioterapi nu har mulighed for at dokumentere behandlingseffekter, og ikke mindst er der nu mulighed for at rydde op i mange behandlingsregimener, som måske ikke har nogen effekt, og som er tidsrøvende for såvel patient som terapeut. Således har visuel feedbackbehandling til træning af balance vist sig at være uden effekt, mens intensiv træning de første seks måneder efter et *stroke* har vist en mindre sikker effekt på *activities of daily living* (ADL) og ganghastighed. Ligeledes har man påvist en gunstig effekt på gangen ved funktionel elstimulation af peronermusklerne ved dropfod.

Er kliniske ganganalyser relevante?

Kvantitativ ganganalyse har således som nævnt fået øget udbredelse i de seneste 15 år og er benyttet af mange, som primært behandler CP-patienter, men der høres også kritiske røster fra læger, som ikke tror, at kvantitative ganganalyser kan bidrage med mere, end en traditionel klinisk undersøgelse kan.

Erfaringer fra USA viser, at tilføjer man en tredimensionel kvantitativ ganganalyse til de øvrige kliniske vurderinger af

VIDENSKAB OG PRAKSIS | ORIGINAL MEDDELELSE

CP-patienter, vil behandlingen ændres i de fleste tilfælde efter brug af ganganalyse [7, 8]. Disse tal viser, at resultaterne af ganganalyserne i høj grad indgår i beslutningsprocessen og dermed er relevante for den kliniske vurdering.

Kritikken af kvantitative, biomekaniske ganganalyser beror imidlertid på metodemæssige svagheder og tolkningsvariationer.

I flere studier har man påvist en generelt god reproducerbarhed af ganganalyser foretaget i samme laboratorium. Fælle for undersøgelserne er, at reproducerbarheden er høj for bevægelserne i sagittalplanet, men mindre for bevægelserne i frontal- og transversalplanet. Et studie af *Noonan et al* [9] viste en relativt stor variation i kinematiske og kinetiske data for samme forsøgsperson undersøgt på forskellige laboratorier, hvilket medførte forskellige tolkninger. *Skaggs et al* [10] har ligeledes påvist, at en ensartet tolkning og efterfølgende behandlingsforslag ikke er en selvfølge mellem laboratorier, men at uoverensstemmelserne mellem laboratorierne ikke er større end for andre ortopædkirurgiske beslutninger baseret på diverse analyser.

I et nyligt publiceret studie baseret på 135 CP-patienter med præoperativ ganganalyse viste man, at 79% forbedredes, mens kun 7% blev dårligere i gangfunktionen. Ganganalyse giver ikke en grydeklar opskrift på, hvilke indgreb der skal foretages, men kan supplere de gængse kliniske undersøgelser. Vurdering af analyseresultaterne kan være kompliceret for udenforstående, og en vis erfaring er nødvendig. Ganglaboratorier bør derfor kun findes på få centre for at optimere erfaringen, og tolkning af resultaterne bør ske i et samarbejde

mellem ortopædkirurger, neurologer, fysioterapeuter og de biomekaniske eksperter, som arbejder i laboratorierne. Ortopædkirurgiske afdelinger, som behandler patienter med CP, og som ikke har adgang til ganglaboratorier, bør i det mindste rutinemæssigt videofilme patienterne før og efter behandling og ikke mindst arkivere optagelserne på lige fod med patientjournalarkivering.

Korrespondance: *Stig Sonne-Holm*, L.E. Bruuns vej 27, DK-2920 Charlottenlund. E-mail: s.sonne-holm@dadlnet.dk

Antaget: 28. april 2006
Interessekonflikter: Ingen angivet

Litteratur

1. Nutt JG, Marsden CD, Thompson PD. *Neurology* 1993;43:268-79.
2. Gage JR. *Gait Analysis in Cerebral Palsy*. 1st ed. London: Mac Keith Press, 1991.
3. Perry J. Normal and Pathologic gait. In: Bunch WH, editor. *Atlas of Othotics*. St. Louis: Mosby, 1985:76-111.
4. Selles RW, Janssens PJ, Joengenengel CD et al. A randomized controlled trial comparing functional outcome and cost efficiency of a total surface-bearing socket versus a conventional patellar tendon-bearing socket in transtibial amputees. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:154-61.
5. Rietman JS, Postema K, Geertzen JH. Gait analysis in prosthetics: opinions, ideas and conclusion. *Prosthet Orthot Int* 2002;26:50-7.
6. Saari T, Tranberg R, Zugner R et al. Changed gait pattern in patients with total knee arthroplasty but minimal influence of tibial insert design: gait analysis during level walking in 39 TKR patients and 18 healthy controls. *Acta Orthop* 2005;76:253-60.
7. Cook RE, Schneider I, Hazlewood ME et al. Gait analysis alters decision-making in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003;23:292-5.
8. Kay RM, Dennis S, Rethlefsen S, Reynolds RA et al. The effect of preoperative gait analysis on orthopaedic decision making. *Clin Orthop Relat Res* 2000;372:217-22.
9. Noonan KJ, Halliday S, Browne R et al. Interobserver variability of gait analysis in patients with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003;23:279-87.
10. Skaggs DL, Rethlefsen SA, Kay RM et al. Variability in gait analysis interpretation. *J Pediatr Orthop* 2000;20:759-64.

Beboere på den psykiatriske boinstitution Sundbygård

To tværsnitsundersøgelser fra 1998 og 2004 sammenlignes

Overlæge Claus Breddam, overlæge August G. Wang & ledende overlæge Karin Helle Aggernæs

Amager Hospital, Psykiatrisk Afdeling

Resume

Introduktion: Nedlæggelse af psykiatriske sengepladser har medført etablering af sociale boinstitutioner til langvarigt psykisk syge. I 1987 blev det psykiatriske plejehospital Sundbygård lavet om til social institution, og i 2001 blev antallet af pladser udvidet fra ca. 150 til ca. 170. En tværsnitsundersøgelse fra 1998 viste, at beboerne ikke kun var ældre plejekrævende, men også yngre

skizofrene med behov for intensiv medicinering og psykiatrisk behandling. Der er foretaget en fornyet tværsnitsundersøgelse af beboerne for at belyse ændringerne i symptomernes sværhedsgrad, sociale forhold og behandling. Desuden er der undersøgt prædiktorer for genindlæggelse.

Materiale og metode: Pr. 1. juni 2004 blev oplysninger om 166 beboere på Sundbygård gennemgået af den behandlingsansvarlige overlæge fra Psykiatrisk Afdeling, Amager Hospital. Data blev sammenlignet med data fra en tidligere tværsnitsundersøgelse fra den 15. februar 1998. Der blev benyttet samme skema og metode som ved gennemgangen i 1998. Der blev beskrevet diagnoser, senge-døgnsforbrug, medikamentel behandling, tidligere og aktivt mis-