

Ganganalyse – nytt diagnostisk hjelpemiddel

Sammendrag

Tredimensjonal databasert ganganalyse er systematisk måling, beskrivelse og vurdering av individets gangmønstre. Metoden baserer seg på avansert teknologi og er blitt utviklet som et hjelpemiddel for å analysere pasienter med gangvansker. Ganganalyse har gitt bedre forståelse av både normal gange og av patologiske gangmønstre og er et velegnet instrument til evaluering av behandlingsresultater og til forskning. Landets første ganglaboratorium til klinisk bruk ble opprettet ved Barnenevrologisk seksjon ved Rikshospitalet i 2002. I denne artikkelen beskrives den praktiske utførelsen av analysen. Nytteverdien er belyst ved kasuistikker. For personer med cerebral parese har databasert ganganalyse blant annet ført til endret klinisk praksis i forhold til operative inngrep. Etter tre års erfaring anbefaler vi metoden til bruk i rutinediagnostikken, spesielt preoperativt, for alle barn med gangproblemer, samt til kontroll av resultatene etter kirurgi og annen behandling.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Oppgitte interessekonflikter:
Se til slutt i artikkelen

Bjørn Lofterød

bjorn.lofterod@rikshospitalet.no
Barnenevrologisk seksjon
Barneklubben

Terje Terjesen

Ortopedisk avdeling

Ingrid Skaaret

Sophies Minde Ortopedi
Barnenevrologisk seksjon
Rikshospitalet
0027 Oslo

Å gå er en kompleks prosess. Gangen består av sammensatte bevegelsesmønstre i flere segmenter og ledd. Læringsprosessen tar flere år, og ved fire års alder er gangmønstret nesten ferdig etablert (1). Resultatet er en funksjo-

nell, effektiv og minst mulig energikrevende forflytning. Selv om det er store likheter mennesker imellom, er det også rom for individuelle variasjoner. Disse variasjonene er imidlertid små, slik at det er mulig å sammenlikne gangmønstre for å påvise eventuelle avvik.

Personer med nevrologiske funksjonshemninger har ofte gangproblemer. Inntil nylig har vurderingen av disse pasientene vært basert på observasjon av gangmønstret og klinisk undersøkelse. Slike vurderinger er imidlertid subjektive og gir ikke tilstrekkelig informasjon ved komplekse bevegelsesavvik. Med tredimensjonal databasert bevegelsesanalyse (ganganalyse) oppnår man en objektiv registrering av leddutslag og feilstillinger i alle tre plan.

De første laboratoriene for ganganalyse ble opprettet i USA for mer enn 20 år siden (2, 3). Metoden vant internasjonal aksept allerede fra slutten av 1980-årene, spesielt som supplement til den kliniske undersøkelsen ved vurdering av pasienter med cerebral parese (4, 5). Barnenevrologisk seksjon ved Rikshospitalet ble i 1999 av Sosial- og helsedepartementet tildelt landsdekkende kompetansesenterfunksjon for barn med bevegelsesvansker. Første trinn i denne oppbyggingen ble etablering av et ganglaboratorium. Fra januar 2002 ble metoden introdusert som et klinisk hjelpemiddel, og vi har nå høstet erfaring fra over tre års drift. Hensikten med denne artikkelen er å beskrive utførelsen av ganganalyse. Nytteverdien er bl.a. belyst ved beskrivelse av et barn med cerebral parese.

Metode

Terminologi

Tre sentrale begreper ved ganganalyse er «gangsyklus», «kinematikk» og «kinetikk». En gangsyklus starter med at foten settes mot underlaget og avsluttes når foten igjen når underlaget. Gangsyklusen deles i to hovedfaser: standfase og svingfase. Standfasen (når foten er i gulvet) utgjør normalt 60 % av syklusen, svingfasen (foten i luften) de resterende 40 %. Kinematikk er en kvantitativ beskrivelse av stilling og bevegelse i ledd og kroppsegmenter (f.eks. graden av knefleksjon gjennom gangsyklus) uten å ta hensyn til de krefter som forårsaker bevegelsene. Kinetikk er læren om effekten av krefter og momenter (kraft multiplisert med vektarm) som produserer bevegelse. De kinetiske kurvene angir hvilke mekanismer (muskelkraft, tyngdekraft og vektarmer) som produserer og kontrollerer bevegelsene i leddene.

Utstyr og forberedelse

Ved bevegelseslaboratoriet ved Rikshospitalet anvendes et Vicon 612 tredimensjonalt analysesystem (Vicon Motion Systems, Oxford, Storbritannia) med seks 50 Hz optikkameraer med infrarødt lys og to kraftplater (Advanced Medical Technologies, Newton, USA). I tillegg er det to videofilmkameraer integrert i systemet.

For å sikre god datateknisk kvalitet på analysene må undersøkelsesrommet ha en gangbane på minimum 10 m, en bredde på 6 m og en høyde på nærmere 3 m. Gulvet må være rett og stabilt, et kjellergulv er derfor ofte godt egnet.

Analysen krever tålmodighet og samarbeid av barnet, siden undersøkelsen kan ta nærmere to timer. Laveste alder er derfor vanligvis fire år.

Selve ganganalysen

For pasienten består hele seansen av fire deler. Først gjøres en klinisk undersøkelse. Deretter festes 15 markører på kroppen, før det gjøres en statisk analyse med pasienten stående stille. Til slutt er det måling av selve gangen (dynamisk analyse).

Den kliniske undersøkelsen er fortsatt svært relevant. Blant annet er den et viktig bidrag til den endelige konklusjonen. Vi undersøker barna etter et standardisert oppsett, med måling av aktive og passive leddutslag, muskeltonus og styrke.

15 refleksmarkører festes etter et standardisert mønster på bekket og begge under-ekstremiteter. Pasienten går innenfor en avmerket gangbane på ca. 10 × 1 m. Refleksmarkørene på pasienten gjenkjennes av seks kameraer, som sender ut infrarødt lys. Dette lyset reflekteres av markørene, som sender signaler tilbake til kameraene. Derfra går de

Hovedbudskap

- Tredimensjonal databasert ganganalyse gir detaljert registrering av gangavvik, noe som ikke er mulig ved kun klinisk vurdering
- Metoden er spesielt nyttig ved valg av behandling for barn med spastisk cerebral parese
- Ganganalyse er velegnet til dokumentasjon av behandlingsresultater og til å definere eventuelle gjenværende gangproblemer

videre til en datastasjon. Denne mottar også informasjon fra to kraftplater i gulvet som pasienten går over, og således måles reaksjonskraften fra gulvet og retningen for denne gulvreaksjonskraften. Pasienten blir videofilmet i to plan, forfra/bakfra og fra siden. I tillegg måles basale gangvariabler, som skrittlengde (cm), skrittfrekvens (antall skritt per min) og hastighet (m/min).

Barna går barbeint opp og ned gangbanen i selvvalgt naturlig tempo. De må kunne gå selvstendig eller med hjelpemidler som rullator eller stokk. Antall ganger de må gå kan variere, men stort sett oppnås tilfredsstillende datainformasjon etter 15 forsøk.

Bearbeiding av ganganalysen

Pasientens gange fremstilles samlet i tredimensjonalt perspektiv (sagittal-, koronal- og transversalplan) på en PC-skjerm, der man kan sammenlikne resultatene med resultatene til funksjonsfriske eller før og etter behandling. Når det er bevegelse i ett ledd, kan man samtidig se hva som skjer i andre ledd i samme eller andre plan. På denne måten kan man danne seg et totalinntrykk av bevegelsesens form, hastighet og akselerasjon (kinematikk) og hvordan de påvirker hverandre. Momenter og kraftproduksjon fremstilles også i tre plan tilsvarende de kinematiske kurvene. Slik kan det avleses hvordan kreftene påvirker bevegelsene og hvordan man eventuelt gjennom tiltak kan endre dette.

Ved hjelp av dataprogrammet kan man via refleksmarkører og basale mål (som beinlengde) kalkulere leddstørrelse og kroppssegmenter og animere en tredimensjonal dynamisk skjelettfigur av pasienten. Denne animerte figuren (fig 1) er til god hjelp for å forstå hvordan gulvreaksjonskraften virker rundt de ulike leddene i beina.

Bearbeiding av data tar ca. 30 minutter og er lite ressurskrevende i forhold til evaluering av dataene. Evalueringen gjøres av et tverrfaglig team bestående av barnenevrolog, ortopediingeniør og fysioterapeut. Dessuten deltar ortoped i den avsluttende fasen, der man trekker konklusjoner og fatter beslutninger.

De fleste pasientene er henvist til ganganalyse for å bli vurdert for behandlingstiltak. Alle pasienter som blir operert, kontrolleres med ny analyse ett år etter operasjonen.

Pasient 1. En 14 år gammel gutt med cerebral parese, klassifisert som spastisk diplegi. To år tidligere var han blitt operert med adduktortentotomi (forlengelse av adduktormuskulene) og rotasjonsosteotomi av femur (utadrotasjon av lårbeinet) bilateralt på grunn av sublakserte hofter. Postoperativt fikk han bedre gangfunksjon, men fortsatt gikk han med betydelig fleksjon i knærne. Klinisk undersøkelse ved henvisende ortoped viste fleksjonskontrakturer i hofter, og ortoped mente at det burde utføres bilateral psoastenotomi. Ganganalysen viste uttalt økt fleksjon i hofter og knær i standfasen. Det kunne tyde på spastisitet bilate-

ralt i psoas og hamstringmuskulaturen (fig 2). Det var også økt dorsalfleksjon av ankene i stående fase (fig 3). Et slikt gangmønster kalles sammenkrøpet gange (crouch gait). I tillegg viste analysen forsinket maksimal knefleksjon i svingfasen (fig 2), noe som kunne tyde på spastisk rectus femoris. Man konkluderte med at det burde gjøres bilateral psoastenotomi og hamstringtenotomi. Det ble også anbefalt transposisjon bilateralt av m. rectus femoris til m. sartorius (rectus femoris gjøres da om fra knestrekker til knebøyer). Pasienten ble operert i samsvar med denne konklusjonen.

Postoperativ analyse ble foretatt 12 måneder senere og viste at målsettingen med operasjonen var oppnådd. Pre- og postoperative bilder (fig 4, fig 5) bekreftet fremgangen. Basale gangvariabler viste høyere ganghastighet på grunn av økt skrittlengde. Det var betydelig bedre ekstensjon i knær og hofter når han stod og mindre dorsalfleksjon av ankene (fig 2, fig 3), slik at han gikk rettere. Knekurvene viste også tidligere maksimal knefleksjon i svingfasen som følge av transposisjonen av rectus femoris.

Til tross for et tilfredsstillende resultat ble det anbefalt at pasienten skulle fortsette med ankel-fot-ortoser, som bidrar til å rette ut knærne når han står – dette på grunn av grenseverdier for minste knefleksjon i standfasen og risiko på sikt for utvikling av økende sammenkrøpet gangmønster uten slike ortoser.

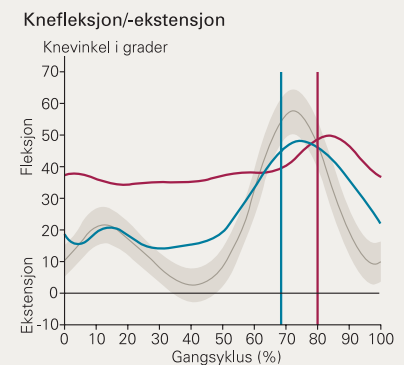
Ganganalysen var avgjørende for valg av type kirurgisk inngrep hos denne pasienten. Ved spastisk cerebral parese er det ofte kokontraksjon mellom spastiske knebøyer og knestrekker. Dette vises på den kinematiske knekurven (fig 2) som forsinket maksimal knefleksjon i svingfasen. Dersom man i slike tilfeller forlenger hamstringmuskulaturen uten å gjøre noe med m. quadriceps, vil pasienten få bedre knestrekke i standfasen, men redusert knefleksjon i svingfasen. Resultatet er en gange preget av stive knær, som igjen gir mindre skrittlengde. EMG-studier har vist at rectus femoris er mer spastisk i svingfasen enn de andre musklene i quadricepsgruppen. Det er derfor logisk å eliminere virkningen av rectus femoris på kneet for å oppnå raskere knefleksjon i svingfasen. Dette gjøres ved å transponere (flytte) rectus til distale del av sartoriusmuskelen. Rectus femoris forandres således fra å være en knestrekker til å bli en knebøyer. Rectustransposisjon gir, som kurvene viser, tidligere maksimal knefleksjon i svingfasen (fig 2) og derfor bedre tid til utretting av kneet før foten settes i gulvet.

I figur 3 blir det godt demonstrert hvordan forandring i ett ledd påvirker andre ledd. Før operasjonen var det økt dorsalfleksjon i ankene på grunn av for lange akillesener. Ved å få til bedre utretting av knærne i standfasen strammes m. gastrocnemius, og som vist i figur 3 har dette postoperativt ført til normalisering av ankelkurvene.



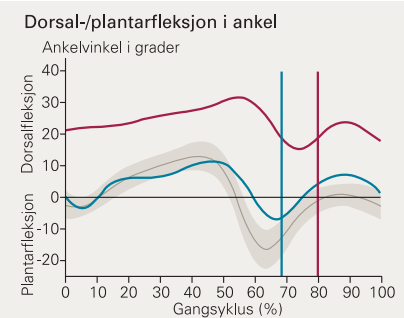
Figur 1 Dataanimert skjelettfigur (bekken og begge bein) av pasient 1 som går over kraftplatene i gulvet. Gule piler viser retningen på gulvreaksjonskraften. Dessuten ser vi plasseringen av refleksmarkører. Skjelettfiguren kan roteres slik at alle plan kan vurderes

Figur 2



Kinematiske knekurver i sagittalplan fra høyre bein. Horisontal rød kurve er preoperativt, blå kurve er postoperativt. De vertikale linjene i rødt og blått viser tidspunkt for fraspark og deler gangsyklusen i stand- og svingfase. Normale bevegelsesutslag er markert med gråfarget kurve. Den blå postoperative kurven viser betydelig bedring av kneekstensjon i standfasen

Figur 3



Kinematiske ankelkurver i sagittalplan fra høyre bein. Horisontal rød kurve er preoperativt, blå kurve er postoperativt. De vertikale linjene i rødt og blått viser tidspunkt for fraspark. Den økte dorsalfleksjonen er korrigert postoperativt og ankelbevegeligheten er nå nesten lik normal grå fordelingskurve



Figur 4 Pasienten gikk preoperativt med korte skritt og hadde økt fleksjon i knær og hofter og økt dorsalfleksjon i ankler (sammenkrøpet gange). Dårlig bildeklarhet skyldes opptak av bevegelse



Figur 5 Pasienten ett år etter operasjon. Han går med lengre skritt, og det er bedre utretting i knær og hofter i standbeinet (høyre bein på figuren) og mindre dorsalfleksjon i ankelen

To pasienthistorier til finnes på Internett (e-fig 6–10).

Diskusjon

Ganganalysen har gitt bedre forståelse av både normal gange og av patologiske gangmønstre, og metoden har ikke minst fått stor betydning ved vurdering av pasienter med spastisk cerebral parese (6, 7). Studier viser at visuell observasjon, selv av erfarne klinikere (8, 9), har lav pålitelighet. Samtidig gransking av gangmønstret med videofilm, som er standardisert og kan kjøres i forskjellig tempo, gir noe bedre resultater (10). Klinisk undersøkelse av barn med cerebral parese påvirkes av at spastisiteten varierer med dagsform, tidspunkt på døgnet og undersøkerens evne til å kommunisere med barnet. Under undersøkelsen ligger barnet på benken, og det er vist at det er relativt dårlig korrelasjon mellom slike statiske leddmålinger og dynamiske målinger gjort under gange (11). Det er derfor i utgangspunktet klare begrunnelser ved klinisk undersøkelse.

Ved spastisk cerebral parese er gangproblemer sekundært til spastisitet og muskelubalanse (12). Operativ behandling kan være aktuelt for å bedre gangfunksjonen. Tidligere var det vanlig å operere i kun ett nivå (for eksempel hofte eller ankel) og så vente til resultatet var klart før man eventuelt

opererte i andre nivåer. Resultatet var uforutsigbart og ofte uventet, fordi det er en sammenheng mellom de ulike nivåene. Dermed kan operasjon i ett nivå påvirke muskelbalansen og funksjonen i andre nivåer. Etter at ganganalyse ble innført, har man fått en detaljert og nøyaktig analyse av bevegelser, momenter og krefter i alle deler av underextremitetene og i alle tre plan. Dette gir mulighet for å gjøre kirurgiske inngrep i flere ledd og nivåer samtidig (multi-level surgery). En slik omlegging fra kirurgi i enkelt-nivåer til kirurgi i flere nivåer krever optimal preoperativ planlegging, noe som bare er mulig ved hjelp av ganganalyse. Metoden påvirker kirurgens avgjørelse i betydelig grad (13, 14), spesielt når det er aktuelt med mange og omfattende inngrep. Det er nå blitt vanlig å anbefale å vente lenger enn tidligere før man gjør operative inngrep, og man prøver å dekke alle behov i én seanse (5, 12, 15). Andre fordeler er at pasienten spares for et visst antall narkoser, operasjoner og postoperative treningsperioder og at de totale behandlingskostnadene reduseres.

Tidligere ble ganganalyse ofte ansett som et forskningsinstrument, men metoden er nå blitt mer og mer akseptert som rutineanalyse for å kunne vurdere hvilke tiltak som skal settes i verk (16). Behandlingsresultatene kan være tydelige ved klinisk evaluering, men også her er ganganalyse den beste metoden, siden resultatene i detalj kan sammenliknes med verdiene før behandling.

Ganganalysepresentasjoner egner seg godt for vurderinger i et samlet forum. Dermed oppnår man at alle i teamet kan øke sine kunnskaper og sin forståelse for patologiske gangmønstre og effekten av ulike tiltak. Den postoperative analysen er også viktig for å kunne påvise årsakene til dårlige resultater og til å definere gjenværende problemer, som vist hos pasient 1.

Selv om cerebral parese skyldes en stasjonær ikke-progredierende hjerneskade, er symptombildet inklusive gangmønstret i stadig endring. En studie med ganganalyse viste redusert leddbevegelighet og forverring av gangfunksjonen mellom åtte og 12 års alder hos pasienter som ikke fikk spesiell behandling (17). Det kan derfor være av stor betydning å følge barna regelmessig med analyse for å vurdere tiltak som fysioterapi, ortoser, medikamentell spasmebehandling, ortopedisk kirurgi og kombinasjoner av disse. Ved Rikshospitalet vurderes nå alle gående barn med cerebral parese med ganganalyse før de skal opereres og ett år etter operasjonen.

Ganganalyse er kostbart og ressurskrevende. En nylig gjennomført ekstern evaluering av økonomiske forhold ved vårt laboratorium viste at det totalt går med nærmere 15 timer med tverrfaglige ressurser per pasient. Pasientens tid i laboratoriet utgjør bare to av disse timene. Det meste av tiden går med til bearbeiding av data og vurdering av disse før møtet der beslutninger tas.

Ved vårt laboratorium har det siden åpnin-

gen i januar 2002 vært en gradvis økning i antall henvisninger fra nesten hele landet. Vi utfører nå årlig ca. 120 ganganalyser, og ventetiden er på rundt seks måneder. På grunn av den lange ventetiden og økende pågang har vi f.eks. ved cerebral parese inntil videre valgt å prioritere preoperative vurderinger.

I fremtiden blir det viktig å opparbeide tilstrekkelig kapasitet, slik at alle barn med gangvansker som trenger behandling kan få tilbud om ganganalyse. Vi mener det er behov for et slikt tiltak ved flere universitetssykehus her i landet. Det vil være hensiktsmessig å legge forholdene til rette slik at ganglaboratoriene kan ta imot både barn og voksne.

Oppgitte interessekonflikter: Bjørn Lofterød og Terje Terjesen har fått reisestøtte fra firmaet Allergen. Ingrid Skaaret har ingen interessekonflikter.

e-fig 6–10 og to kasuistikker finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Litteratur

- Sutherland DH. The development of mature gait. *Gait Posture* 1997; 6: 163–70.
- Sutherland DH. Gait analysis in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1978; 20: 807–13.
- Gage JR, Fabian D, Hicks R et al. Pre- and post-operative gait analysis in patients with spastic diplegia: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1984; 4: 715–25.
- Gage J. Gait analysis for decision-making in cerebral palsy. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst* 1983; 43: 147–63.
- Gage JR. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 288: 126–34.
- Gage JR. The role of gait analysis in the treatment of cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1994; 14: 701–2.
- DeLuca PA, Davis RB, Ounpuu S et al. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. *J Pediatr Orthop* 1997; 17: 608–14.
- de Bruit H, Russell DJ, Latter JE et al. Angle-angle diagrams in monitoring and quantifications of gait patterns for children with cerebral palsy. *Am J Phys Med* 1982; 61: 176–92.
- Krebs DE, Edelstein JE, Fishman S. Reliability of observational kinematic gait analysis. *Phys Ther* 1985; 65: 1027–33.
- Mackey AH, Lobb GL, Walt SE et al. Reliability and validity of the observational gait scale in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 4–11.
- McMulkin ML, Gulliford JJ, Williamson RV et al. Correlation of static to dynamic measures of lower extremity range of motion in cerebral palsy and control populations. *J Pediatr Orthop* 2000; 20: 366–9.
- DeLuca PA. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy. *Clin Orthop* 1991; 264: 65–75.
- Kay RM, Dennis S, Rethlefsen S et al. The effect of preoperative gait analysis on orthopaedic decision making. *Clin Orthop* 2000; 372: 217–22.
- Cook RE, Schneider I, Hazlewood ME et al. Gait analysis alters decision-making in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003; 23: 292–5.
- Gough M, Eve LC, Robinson RO et al. Short term outcome of multilevel surgical intervention in spastic diplegic cerebral palsy compared with natural history. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46: 91–7.
- Patrick JH, Roberts AP, Cole GF. Therapeutic choices in the locomotor management of the child with cerebral palsy – more luck than judgement? *Arch Dis Child* 2001; 85: 275–9.
- Bell KJ, Ounpuu S, DeLuca PA et al. Natural progression of gait in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2002; 5: 677–82.