# Event-basierte Bewegungskorrektur in der klinischen Routine

<u>J. Langner</u><sup>1</sup>, H. Mölle<sup>1</sup>, S. Dittrich<sup>1</sup>, F. Hofheinz<sup>3</sup>, L. Oehme<sup>2</sup>, B. Beuthien-Baumann<sup>2</sup>, J. van den Hoff<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> PET-Zentrum, Institut für Radiopharmazie, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf
 <sup>2</sup> Klinik- und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden
 <sup>3</sup> ABX advanced biochemical compounds, Radeberg





- Patientenbewegung bei PET-Untersuchungen sind problematisch und unvermeidbar
- Event-basierte Bewegungskorrektur erlaubt eine exakte Korrektur
- Vorgenommene Optimierungen ermöglichten klinischen Einsatz (ECAT Exact HR+)
  - Langner, J., et al. IEEE MIC 2008; Oct 22 Oct 25, Dresden
  - Langner, J., et al. DGN 2008 V136
  - Langner, J., et al. DGN 2007 V78
  - Langner, J., et al. DGN 2006 A50
  - Langner, J., et al. Z. Med. Phys. 2006; 16(1):75-82.

### Ziel

- Betrachtung des Einflusses der Bewegungskorrektur
- Bestimmung der qualitativen und quantitativen Effekte



Methodik – Akquisition der Bewegungsdaten

- Externe Bewegungsmessung mit optischem Trackingsystem
- Integrierte Infrarotblitze
- Reflexion durch passive Marker
- Maximale Abtastrate 60Hz,
  < 1mm Auflösung</li>
- Ausgabe:
  - 3 Translationsparameter
  - 3 Rotationsparameter









Aufnahme im *Listmode*-Format
 > Registrierung jeder Line-of-Response (LOR)







- Aufnahme im *Listmode*-Format
  > Registrierung jeder Line-of-Response (LOR)
- Räumliche Transformation jeder LOR
- Einsortieren aller korrigierter LORs in Sinogramm
- Nutzung der Standard-Bildrekonstruktion









Forschungszentrum Dresden-Rossendorf • Institut für Radiopharmazie • Jens Langner • 23. April 2009 • V45



• Von 15 relevanten [<sup>18</sup>F]DOPA Hirnmessungen Auswahl einer einzelnen Beispielmessung (3) Langner, J., et al. DGN 2007 - V78

|                   | Dosage            | Duration         | # frames | # 'significant'   | max.              | mean              | motion |
|-------------------|-------------------|------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
|                   |                   |                  |          | (> 1  mm) motions | motion            | motion            | score  |
| (1)               | $291\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 17                | $3.7\mathrm{mm}$  | $3.1\mathrm{mm}$  | 3      |
| (2)               | $252\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 26                | $5.0\mathrm{mm}$  | $3.6\mathrm{mm}$  | 3      |
| $\Rightarrow$ (3) | $171\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 113               | $19.4\mathrm{mm}$ | $11.3\mathrm{mm}$ | 5      |
| (4)               | $269\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 70                | $7.9\mathrm{mm}$  | $5.7\mathrm{mm}$  | 5      |
| (5)               | $299\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 45                | $5.7\mathrm{mm}$  | $5.0\mathrm{mm}$  | 4      |
| (6)               | $316\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 801               | $9.4\mathrm{mm}$  | $6.3\mathrm{mm}$  | 5      |
| (7)               | $254\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 41                | $8.6\mathrm{mm}$  | $6.6\mathrm{mm}$  | 5      |
| (8)               | $318\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 19                | $8.5\mathrm{mm}$  | $6.0\mathrm{mm}$  | 5      |
| (9)               | $250\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 14                | $8.4\mathrm{mm}$  | $6.0\mathrm{mm}$  | 5      |
| (10)              | $312\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 22                | $5.4\mathrm{mm}$  | $3.2\mathrm{mm}$  | 4      |
| (11)              | $292\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 12                | $6.3\mathrm{mm}$  | $3.7\mathrm{mm}$  | 4      |
| (12)              | $300\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 16                | $3.4\mathrm{mm}$  | $3.4\mathrm{mm}$  | 3      |
| (13)              | $183\mathrm{MBq}$ | $90\mathrm{min}$ | 27       | 125               | $8.4\mathrm{mm}$  | $5.2\mathrm{mm}$  | 5      |
| (14)              | $275\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 92                | $6.5\mathrm{mm}$  | $3.6\mathrm{mm}$  | 4      |
| (15)              | $264\mathrm{MBq}$ | $55\mathrm{min}$ | 27       | 17                | $7.1\mathrm{mm}$  | $5.3\mathrm{mm}$  | 5      |

 Auswahl über die Bewegungsparameter "max/mean motion" als "worst-case" Beispiel







113 sign.motion found on artifical head surface (r=100mm)

Langner, J., et al. DGN 2007 - V78

Forschungszentrum Dresden-Rossendorf • Institut für Radiopharmazie • Jens Langner • 23. April 2009 • V45





### **Quantitative Auswertung**



- Positionierung von 8 ROIs (3D) innerhalb des Striatum + 1 ROI im Referenzgewebe
- Vergleich der Zeitaktivitätskurven (TAC) sowie Analyse der Einstromraten (R<sub>0</sub>k<sub>3</sub>) eines Zweikompartment-Modells mit Referenzgewebe



#### **Ergebnisse – Quantitative Bewertung**





Quantitative Auswertung der TAC zeigt bis zu 30% Unterschiede

•

- Relevante Änderung der R<sub>0</sub>k<sub>3</sub> Einstromraten
- Restaurierung offensichtlich inkorrekter (negativer) R<sub>0</sub>k<sub>3</sub>



|                |             | Uncorrected              | Compensated              | norm                               |
|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| ROI            | volume [ml] | $R_0 k_3^{mean}$ [1/min] | $R_0 k_3^{mean}$ [1/min] | $R_0 k_3^{mean} \pm 1  \text{sd.}$ |
| ncr            | 0.524       | 0.01559                  | 0.01274                  | $0.0166\pm 0.0010$                 |
| ncl            | 0.524       | 0.00460                  | 0.01054                  | $0.0161 \pm 0.0022$                |
| $\mathbf{pr}$  | 1.573       | 0.00189                  | 0.00947                  | $0.0160\pm 0.0014$                 |
| pl             | 1.573       | 0.00406                  | 0.00951                  | $0.0167 \pm 0.0011$                |
| pra            | 0.524       | 0.00425                  | 0.00938                  |                                    |
| $\mathbf{prm}$ | 0.524       | 0.00325                  | 0.01099                  |                                    |
| $\mathbf{prp}$ | 0.524       | 0.00224                  | 0.00875                  |                                    |
| pla            | 0.524       | 0.00948                  | 0.00885                  |                                    |
| $\mathbf{plm}$ | 0.524       | -0.00079                 | 0.00799                  |                                    |
| plp            | 0.524       | 0.00133                  | 0.01024                  |                                    |





#### Qualitativer Vergleich



- Verbesserung des Bildkontrastes
- Sichtbare Reduzierung der Bewegungsartefakte



۲

Korrigiert

Reduzierung der Bewegungsartefakte auch in parametrischen Bildern sichtbar







### Unkorrigiert







. . . . . . . . . . . . . . . .



## Zusammenfassung

- Erfolgreiche Integration der event-basierten Bewegungskorrektur in der klinischen Routine durch geeignete Methoden (z.B. graphische Nutzeroberflächen)
- Patientenbewegung kann massive Auswirkung auf Daten haben
- Reduzierung der qualitativen und quantitativen Einflüsse der Patientenbewegung auf die Bilddaten
- Nutzung einiger Methoden bereits an anderen Zentren
  - Forschungszentrum Jülich
  - Columbia University / New York

## Ausblick

- Auswertung über ein größeres Patientenkollektiv
  - Bereits ca. 300 Listmode/Bewegungsaufnahmen durchgeführt
- Vergleich mit anderen Korrekturmethoden
- Einbeziehen einer LM-Transmission